۱ واکنش‌های اکسایش-کاهش، باید از نظر تعداد اتم و بار الکتریکی موازنه باشند. در واقع در این واکنش‌ها، باید شمار اتم‌های هر عنصر در دو سمت معادله برابر بوده و مجموع بار الکتریکی گونه‌های موجود در هر سمت نیز با سمت دیگر برابر باشد. موازنه بار در این دسته از واکنش‌ها زمانی اتفاق می‌افتد که تعداد الکترون‌های تولیدشده در نیم‌واکنش اکسایش با تعداد الکترون‌های مصرف‌شده در نیم‌واکنش کاهش برابر باشد. اگر تعداد اتم‌های عناصر اکسنده و کاهنده در دو سمت واکنش موردنظر برابر نباشد، برای موازنه واکنش موردنظر از روش وارسی استفاده می‌کنیم و فرایند موردنظر را تا آن‌جا که ممکن است، ادامه می‌دهیم. پس از آن که موازنه جرم به پایان رسید یا به بن‌بست خورد، موازنه بار را آغاز کرده و آن را تا جایی که جمع جبری بار الکتریکی در دو سمت معادله واکنش برابر شود، ادامه می‌دهیم. برای مثال، در رابطه با واکنش داده شده داریم:

$$Al(s) + H^+(aq) \rightarrow Al^{3+}(aq) + H_2(g)$$

به منظور موازنه تعداد اتم‌های هیدروژن، باید ضریب یون هیدروژن را برابر با ۲ قرار بدهیم. معادله این واکنش در این حالت به صورت زیر می‌شود:

$$Al(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Al^{3+}(aq) + H_2(g)$$

در قدم بعد، به سراغ موازنه بار می‌رویم. در معادله بالا، ۲ بار مثبت در سمت چپ و ۳ بار مثبت در سمت راست معادله واکنش وجود دارد. اگر به گونه‌های مربوط به آلومینیم ضریب ۲ داده و ضریب گونه‌های حاوی هیدروژن را نیز ۳ برابر کنیم، موازنه بار اتفاق افتاده و مجموع بار گونه‌ها در هر سمت معادله واکنش برابر با ۶ می‌شود. بر این اساس، داریم:

$$2Al(s) + 6H^+(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g)$$

در این واکنش، آلومینیم الکترون از دست داده و اکسید شده است، پس آلومینیم معادل با گونه کاهنده است. در نقطه مقابل، یون هیدروژن الکترون به دست آورده و کاهش یافته است، پس می‌توان گفت یون هیدروژن اکسنده است. با دقت در معادله این واکنش، متوجه می‌شویم که ۲ مول آلومینیم در آن مصرف شده و هر مول آلومینیم نیز ۳ مول الکترون از دست داده است، پس می‌توان گفت با هر بار انجام شدن این واکنش، ۶ مول الکترون بین گونه‌های اکسنده و کاهنده مبادله می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲ طی این فرایند، مقداری از یون هیدروژن موجود در محلول مصرف شده و pH محلول افزایش پیدا کرده است. در قدم اول، غلظت محلول هیدروکلریک اسید را در ابتدای کار و در پایان فرایند محاسبه می‌کنیم.

ابتدای کار : $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-0/3} = 0/5\ mol.L^{-1} \xrightarrow{\alpha=1} [HCl] = 0/5\ mol.L^{-1}$

پایان کار : $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1} = 0/1\ mol.L^{-1} \xrightarrow{\alpha=1} [HCl] = 0/1\ mol.L^{-1}$

طی این فرایند، غلظت مولی هیدروکلریک اسید به اندازه‌ی ۰/۴ مول بر لیتر کاهش پیدا کرده است. در قدم بعد، مقدار هیدروکلریک اسید مصرف شده را محاسبه می‌کنیم.

$$?mol\ HCl = 5\ L\ \text{محلول} \times \frac{0/4\ mol\ HCl}{1\ L\ \text{محلول}} = 2\ mol$$

آهن، ششمین عنصر موجود در دسته d بوده و عدد اتمی آن برابر با ۲۶ است. این فلز در واکنش با اسیدها، ۲ الکترون از دست داده و در قالب کاتیونی با بار ۲+ وارد محلول می‌شود. بر این اساس، می‌توان گفت معادله واکنش انجام شده، به صورت $Fe(s) + 2HCl(aq) \rightarrow FeCl_2(aq) + H_2(g)$ است. بر این اساس، غلظت یون Fe^{2+} را در محلول ایجاد شده محاسبه می‌کنیم.

$$?mol\ Fe^{2+} = 2\ mol\ HCl \times \frac{1\ mol\ FeCl_2}{2\ mol\ HCl} \times \frac{1\ mol\ Fe^{2+}}{1\ mol\ FeCl_2} = 1\ mol$$

$$[Fe^{2+}] = \frac{\text{مول } Fe^{2+}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{1\ mol\ Fe^{2+}}{5\ L\ \text{محلول}} = 0/2\ mol.L^{-1}$$

در قدم بعد، غلظت یون هیدروکسید را محلول مورد نظر محاسبه کرده و مقدار نسبت خواسته شده را بدست می‌آوریم.

$$[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14} \Longrightarrow 0/1 \times [OH^-] = 10^{-14} \Longrightarrow [OH^-] = 10^{-13}\ mol.L^{-1}$$

$$\frac{[Fe^{2+}]}{[OH^-]} = \frac{0/2}{10^{-13}} = 2 \times 10^{12}$$ برابر

همانطور که مشخص است، طی این فرایند غلظت مولی یون آهن(II)، 2×10^{12} برابر غلظت یون هیدروکسید است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳ قلمروهای علم الکتروشیمی به شرح زیر هستند:

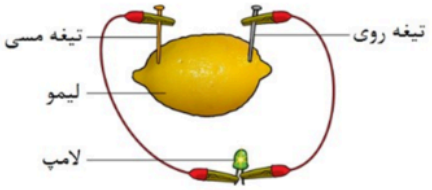
- قلمروهای الکتروشیمی
  - تامین انرژی
    - باتری‌ها و سلول‌های سوختی
  - تولید مواد
    - برقکافت و آبکاری
  - اندازه‌گیری و کنترل کیفی
    - پی.اچ سنج‌های دیجیتال

با توجه به این نمودار، فرایند برقکافت در حیطه تولید مواد جدید بررسی می‌شود. با انجام فرایند برقکافت، یک ترکیب با استفاده از انرژی الکتریکی به عناصر سازنده خود یا مواد ساده‌تر تجزیه می‌شود. برای نمونه، معادله زیر فرایند برقکافت آب را نشان می‌دهد:

$$2H_2O(l) \xrightarrow{\text{جریان برق}} 2H_2(g) + O_2(g)$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲ با استفاده از یک لیمو و دو تیغه از جنس فلزهای روی و مس، می‌توان یک باتری لیمویی را ساخت. با استفاده از باتری‌های لیمویی، همانند سلول‌های گالوانی، می‌توان بخشی از انرژی ذخیره شده در فلزها را آزاد کرد. در واقع باتری لیمویی، نوع ساده‌ای از یک سلول گالوانی است که با فروبردن یک تیغه از جنس فلز مس و یک تیغه از جنس فلز روی در یک لیمو ساخته می‌شود. به کمک این نوع باتری، می‌توان یک لامپ LED را روشن کرد. تصویر زیر، نمایی از این نوع باتری را نشان می‌دهد:



همانطور که مشخص است، لیمو در نقش الکترولیت بوده و باعث برقراری جریان الکتریکی در مدار خارجی می‌شود.

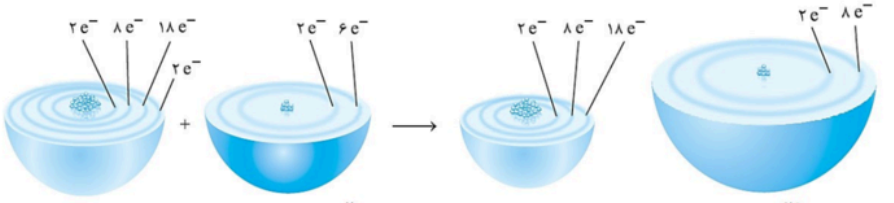
مبادله انرژی بین سامانه و محیط در واکنش‌های اکسایش.کاهش:

در همه واکنش‌های شیمیایی از جمله واکنش‌های اکسایش-کاهش، انرژی مبادله می‌شود. به طور کلی، روند مبادله انرژی در واکنش‌های اکسایش-کاهش را به صورت زیر می‌توان نشان داد:

- انواع واکنش‌های اکسایش-کاهش
  - روند مبادله انرژی
    - گرماده
    - گرماگیر

با توجه به نمودار بالا، در برخی از واکنش‌های اکسایش-کاهش، به هنگام دادوستد الکترون بین گونه‌های اکسنده و کاهنده، مقداری انرژی آزاد می‌شود. به عنوان مثال، در هنگام سوختن منیزیم در حضور گاز اکسیژن، اتم‌های فلزی اکسایش پیدا کرده و الکترون‌های خود را به اتم‌های اکسیژن منتقل می‌کنند. همان‌طور که می‌دانیم، انجام‌شدن این واکنش‌ها با آزادشدن مقداری انرژی به صورت نور و گرما همراه است. علاوه بر واکنش سوختن عناصر فلزی، برخی دیگر از انواع واکنش‌های اکسایش-کاهش از جمله واکنش میان یک فلز واکنش‌پذیرتر با محلول حاوی کاتیون‌های فلز دیگر نیز با آزادشدن گرما همراه هستند. اگر بتوان این واکنش‌ها را در یک شرایط کنترل‌شده مثل یک سلول گالوانی و یا باتری لیمویی انجام داد، می‌توان بخشی از انرژی شیمیایی ذخیره شده در عناصر فلزی را به انرژی الکتریکی تبدیل کرد.

۳ اغلب فلزها، در واکنش با نافلزها تمایل دارند یک یا چند الکترون از دست داده و اکسید شوند. اکسیژن یکی از نافلزهای فعال است که به عنوان اکسنده با اغلب فلزها واکنش می‌دهد. واکنش میان فلز روی و گاز اکسیژن به صورت زیر است:



نیم‌واکنش اکسایش : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(s) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاهش : $O_2(g) + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}(s)$

توجه داریم که اکسیژن با برخی فلزها مانند طلا و پلاتین واکنش نمی‌دهد. این عناصر فلزی واکنش‌پذیری بسیار ناچیزی داشته و قدرت کاهندگی آن‌ها در واکنش‌های شیمیایی بسیار کم است.

خوردگی، یک فرایند نامطلوب:

در محیط پیرامون ما واکنش‌های اکسایش-کاهش زیادی مانند سیاه‌شدن وسایل نقره‌ای، خوردگی آهن و سایر فلزات، فساد مواد غذایی و ... در حال انجام‌شدن هستند که مطلوب ما نبوده و گاهی زیان‌هایی را به دنبال دارند. برای مثال، سالانه صدها میلیون تن از فلزهای گوناگون برای ساختن اسکله نفتی، اسکلت ساختمان‌ها و پل‌ها، کشتی، لوکوموتیو و راه‌آهن و ... مصرف می‌شود. هنگامی که فلزها در مجاورت با اکسیژن هوا قرار می‌گیرند، اغلب اکسایش یافته و به شکل اکسید درمی‌آیند. خوردگی به فرایند تردشدن، خردشدن و فروریختن فلزها بر اثر واکنش‌های اکسایش-کاهش گفته می‌شود. زنگ‌زدن آهن، تیره‌شدن نقره و زنگار سبز ایجادشده بر سطح مس، نمونه‌هایی از فرایند خوردگی هستند.

۴ یکی از کاربردهای واکنش‌های اکسایش ـ کاهش، استفاده از آن‌ها در ساختن انواع باتری‌ها است. باتری از فراورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز، با انجام واکنش‌های شیمیایی، بخشی از انرژی شیمیایی ذخیره شده در خود را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. ساختار و ویژگی‌های هر باتری متناسب با کارکرد ویژه‌ای است که آن باتری دارد. با رشد و پیشرفت صنایع گوناگون، نیاز و تقاضا برای ساختن باتری‌هایی با ویژگی‌های گوناگون و کاربرد معین افزایش پیدا کرده است.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

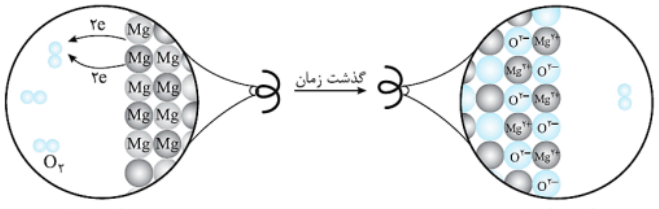
www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴ عبارت‌های (آ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: منیزیم در حضور گاز اکسیژن با تولید یک نور سفید خیره‌کننده سوخته و به منیزیم اکسید تبدیل می‌شود. از نور تولید شده طی این واکنش در گذشته به عنوان منبع نور برای عکاسی استفاده می‌شده است. فرایند انجام شده به صورت زیر است:



نیم‌واکنش کاهش: $O_2(g)+4e^- \rightarrow 2O^{2-}(s)$

نیم‌واکنش اکسایش: $Mg(s) \rightarrow 2e^{2-}+Mg^{2+}(s)$

منیزیم اکسید تولید شده در این واکنش شیمیایی، نوعی اکسید فلزی بوده و با انحلال در آب، منیزیم هیدروکسید را تولید می‌کند. منیزیم هیدروکسید، نوعی باز بوده و غلظت یون هیدروکسید را در محلول افزایش می‌دهد.

ب: چون فلز منیزیم کاهنده‌تر از فلز مس است، با قرار دادن یک تیغه فلزی از جنس مس در محلولی از منیزیم سولفات، هیچ واکنشی در محلول انجام نشده و رنگ محلول مورد نظر نیز تغییر نمی‌کند.

پ: در برخی از واکنش‌های اکسایش-کاهش، افزون بر داد و ستد الکترون بین گونه‌ها، انرژی نیز آزاد می‌شود. به عنوان مثال، فلزهایی مانند منیزیم و سدیم، در حضور گاز اکسیژن می‌سوزند و نور و گرما تولید می‌کنند. در نقطه مقابل، برخی از واکنش‌های اکسایش-کاهش مثل برقکافت و آبکاری، با جذب مقداری انرژی همراه هستند.

ت: چون روی در مقایسه با مس واکنش‌پذیرتر است(پتانسیل کاهشی استاندارد کوچک‌تر(منفی‌تر) دارد)، می‌توان گفت تمایل اتم‌های فلز روی به از دست دادن الکترون(تمایل به اکسید شدن و یا همان قدرت کاهندگی)، بیشتر از تمایل اتم‌های مس به از دست دادن الکترون است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۵ فلز روی در مقایسه با آهن قدرت کاهندگی(تمایل به اکسید شدن و از دست دادن الکترون) بیشتری دارد. بر این اساس، اگر یک تیغه از جنس فلز روی را وارد محلول آهن(II) نیترات کنیم، واکنش زیر انجام می‌شود:

$$Zn(s) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Fe(s)$$

وجود یون Fe^{2+} در یک محلول، موجب ایجاد رنگ سبز و وجود یون Fe^{2+} در یک محلول نیز باعث ایجاد رنگ زرد می‌شود. چون در این فرایند یون Fe^{2+} در حال مصرف شدن است، رنگ سبز محلول به تدریج از بین می‌رود. توجه داریم که یون Zn^{2+} بی‌رنگ بوده و حضور آن در محلول، موجب تغییر رنگ محلول مورد نظر نمی‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲ با انجام واکنش مورد نظر، به ازای مصرف هر یون Fe^{2+}، یک یون روی وارد محلول می‌شود. بر این اساس، می‌توان گفت غلظت کاتیون‌ها در محلول مورد نظر در طول زمان ثابت باقی مانده و رسانایی محلول دچار تغییر نمی‌شود.

۳ کاتیون‌های روی در واکنش مورد نظر وارد محلول می‌شوند. آرایش الکترونی کاتیون روی به صورت زیر است:

$Zn^{2+} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$

در ساختار این یون، ۶ الکترون در زیرلایه‌های s (الکترون‌هایی با $l = 0$) وجود دارد.

۴ چون واکنش بین کاتیون‌های فلزی موجود در یک محلول با یک فلز کاهنده‌تر گرماده است، به مرور زمان دمای محلول مورد نظر افزایش پیدا می‌کند. یون نیترات در واکنش اصلی انجام شده طی این فرایند شرکت نداشته و در طول زمان غلظت آن بدون تغییر باقی می‌ماند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۶ مس، اولین عنصر فلزی بوده که لایه الکترونی سوم آن به طور کامل پر از الکترون است. پس از مس، فلز روی دومین عنصر فلزی به شمار می‌رود که لایه الکترونی سوم آن به طور کامل پر از الکترون است. آرایش الکترونی فلز روی به صورت زیر است:

$$Zn: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$$

واکنش میان فلز روی و محلول هیدروکلریک اسید به صورت زیر است:

$$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$$

با توجه به معادله این واکنش، به ازای مبادله شدن ۲ مول الکترون بین گونه‌های اکسنده و کاهنده، ۱ مول گاز هیدروژن تولید می‌شود. بر این اساس، حجم گاز هیدروژن تولید شده را محاسبه می‌کنیم.

$$?L\ H_2 = 3/01 \times 10^{22}\ e \times \frac{1\ mol\ e}{6/02 \times 10^{23} e} \times \frac{1\ mol\ H_2}{2\ mol\ e} \times \frac{22/4\ L\ H_2}{1\ mol\ H_2} \times \frac{1000\ mL\ H_2}{1\ L\ H_2} = 560\ mL$$

با توجه به محاسبات انجام شده، طی این فرایند ۵۶۰ میلی‌لیتر گاز هیدروژن تولید شده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۷ با ورود تیغه آهنی به محلول نقره نیترات، بین تیغه فلزی و محلول واکنش اکسایش-کاهش انجام می‌شود؛ پس می‌توان گفت آهن در مقایسه با نقره قدرت کاهندگی بالاتری داشته و پتانسیل کاهشی منفی‌تری دارد. با توجه به توضیحات داده شده، پی‌می‌بریم که یون نقره اکسنده‌تر از یون آهن(II) است. از طرفی، چون با ورود تیغه آهنی به محلول روی سولفات هیچ واکنش انجام نشده است، پس می‌توان گفت آهن در مقایسه با روی قدرت کاهندگی کمتری داشته و پتانسیل کاهشی مثبت‌تری دارد. با توجه به فرایند انجام شده، پی‌می‌بریم که یون آهن(II) اکسنده‌تر از یون روی است. بر این اساس، داریم:

قدرت اکسندگی : $Zn^{2+} < Fe^{2+} < Ag^+$

اگر کتاب درسی را کمی جلوتر از بودجه‌بندی آزمون مطالعه کرده باشید، متوجه می‌شوید که موقعیت این عناصر در سری الکتروشیمیایی به صورت زیر می‌شود:

نقره
آهن
روی

همانطور که می‌دانیم، در سری الکتروشیمیایی با حرکت به سمت پایین از قدرت اکسندگی یون‌های فلزی کاسته می‌شود؛ پس می‌توان گفت مقایسه قدرت اکسندگی یون‌های داده شده به صورت $Zn^{2+} < Fe^{2+} < Ag^+$ است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۸ چراغ خورشیدی، یک ابزار روشنایی است که با استفاده از لامپ LED، سلول خورشیدی و باتری قابل شارژ تشکیل شده است. تصویر زیر، نمونه‌ای از این چراغ‌ها را نشان می‌دهد:



سلول خورشیدی به کار رفته در این چراغ‌ها، در طول روز با استفاده از انرژی خورشید، باتری را شارژ می‌کنند. در طول شب، چراغ با استفاده از باتری روشن شده و محیط را نورانی می‌کند. توجه داریم که در باتری‌های قابل شارژ، واکنش‌های شیمیایی برگشت‌پذیر انجام شده و علاوه بر این، عنصر سیلیسیم نیز عنصر اصلی سازندهٔ سلول‌های خورشیدی به کار رفته در این چراغ‌ها است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲ فلز سدیم، یک ماده واکنش‌پذیر بوده و در واکنش با نافلزها یک الکترون از دست می‌دهد. واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$۲Na(s) + Cl_۲(g) \rightarrow ۲NaCl(s)$$

با توجه به معادله نوشته شده، شمار الکترون‌های مبادله شده برابر است با:

$$\text{الکترون مبادله شده } ? = ۴/۶\ g\ Na \times \frac{۱\ mol\ Na}{۲۳\ g\ Na} \times \frac{۲\ mol\ e}{۲\ mol\ Na} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} e}{۱\ mol\ e} = ۱/۲۰۴ \times ۱۰^{۲۳} e$$

۳ یون نیترید، یک یون تک‌اتمی با بار ۳- است. معادله واکنش کاهش مولکول نیتروژن به یون نیترید به صورت زیر است:

$$N_۲(g) + ۶e^- \rightarrow ۲N^{۳-}(s)$$

همانطور که مشخص است، مجموع ضرایب گونه‌ها در معادله این واکنش برابر با ۹ می‌شود.

۴ در فراورده واکنش، یون‌های $Mg^{۲+}$ و $N^{۳-}$ وجود دارند؛ بنابراین به ازای تولید یک مول ترکیب $Mg_۳N_۲$، مقدار $۲ \times ۳ = ۶$ مول الکترون مبادله می‌شود. نام ترکیب تولید شده طی این فرایند منیزیم نیترید است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۹ هرگاه تیغه یک فلز فعال را داخل محلول نمک فلز با واکنش‌پذیری کمتر(فلز با مقدار E° بالاتر) وارد کنیم، بر اثر انجام واکنش الکتروشیمیایی، کاتیون‌های فلز فعال‌تر وارد محلول شده و کاتیون‌های فلز دیگر کاهش یافته و بر روی تیغه می‌نشینند. مقدار تغییر جرم تیغه به جرم مولی دو فلز و بار کاتیون آن‌ها بستگی دارد. ابتدا معادله واکنش اکسایش ـ کاهش انجام گرفته را می‌نویسیم:

$$\text{نیم واکنش اکسایش}: 2Al(s) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 6e^-$$

$$\text{نیم واکنش کاهش}: 3Cu^{2+}(aq) + 6e^- \rightarrow 3Cu(s)$$

$$\text{واکنش کلی سلول}: 3Cu^{2+}(aq) + 2Al(s) \rightarrow 3Cu(s) + 2Al^{3+}(aq)$$

در این واکنش به ازای مبادلهٔ ۶ مول الکترون بین گونه اکسنده(یون Cu^{2+}) و کاهنده(فلز Al)، مقدار ۲ مول فلز Al مصرف شده و ۳ مول فلز Cu تولید می‌شود. ابتدا شمار مول الکترون مبادله شده را حساب می‌کنیم:

$$\text{شمار مول الکترون مبادله شده} = 1/806 \times 10^{22} \times \frac{1\ mol\ e^-}{6/02 \times 10^{23}} = 0/03\ mol\ e^-$$

بنابراین جرم آلومینیم مصرف شده و مس تولید شده برابر است با:

$$?\ g\ Al = 0/03\ mol\ e^- \times \frac{2\ mol\ Al}{6\ mol\ e^-} \times \frac{27\ g\ Al}{1\ mol\ Al} = 0/27\ g\ Al$$

$$?\ g\ Cu = 0/03\ mol\ e^- \times \frac{3\ mol\ Cu}{6\ mol\ e^-} \times \frac{64\ g\ Cu}{1\ mol\ Cu} = 0/96\ g\ Cu$$

بنابراین تغییر جرم تیغه برابر است با:

$$\text{تغییر جرم تیغه} = \text{جرم مس تولید شده} - \text{جرم آلومینیم مصرف شده} = 0/96 - 0/27 = +0/69\ g$$

جرم اولیهٔ تیغه برابر ۵ گرم است؛ بنابراین درصد تغییر جرم تیغه برابر خواهد بود با:

$$\text{درصد تغییر جرم تیغه} = \frac{\text{مقدار تغییر جرم تیغه}}{\text{جرم اولیه تیغه}} \times 100 = \frac{0/69}{5} \times 100 = 13/8 \text{ درصد}$$

پس جرم تیغه به اندازه ۱۳/۸٪ افزایش پیدا می‌کند.

فلزی با قدرت کاهندگی بیشتر الکترون از دست می‌دهد:

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 خنثای 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 مس کاهش می‌یابد. از آن‌جا که رنگ آبی محلول مس (II) سولفات به خاطر وجود یون‌های مس (II) در این محلول است، با گذشت زمان و کاهش غلظت این یون در محلول موردنظر، به تدریج از شدت رنگ محلول کاسته می‌شود. بر این اساس، به طور کلی می‌توان گفت که در یک واکنش اکسایش-کاهش، فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، می‌تواند با کاتیون‌های فلزی حاصل از عناصری که قدرت کاهندگی کم‌تری دارند وارد واکنش شده و آن‌ها را به اتم‌های فلزی بکاهد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۰ عبارت‌های (آ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: مس در مقایسه با روی واکنش‌پذیری کمتری داشته و و یک نمونه از آن با کاتیون‌های روی وارد واکنش نمی‌شوند. چون فلز مس با یون‌های روی موجود در محلول روی سولفات واکنش نمی‌دهد، برای نگهداری یک نمونه محلول روی سولفات، می‌توانیم از ظروف ساخته شده از مس استفاده کنیم.

ب: معادله موازنه شده واکنش مورد نظر به صورت زیر خواهد بود:

$$Zn(s) + 2V^{3+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2V^{2+}(aq)$$

طی این واکنش، اتم روی الکترون از دست داده و در نقش گونه کاهنده است. در نقطه مقابل، یون وانادیم(III) یک الکترون گرفته و در نقش گونه اکسنده است. بر این اساس، می‌توان گفت در معادله موازنه شده این واکنش، ضریب گونه اکسنده ۲ برابر گونه کاهنده می‌شود.

پ: فلز مس با محلول منیزیم سولفات واکنش نداده و در هر حالت(استفاده از الیاف مس و یا تیغه مس)، موجب افزایش دمای محلول مورد نظر نمی‌شود. توجه داریم که اگر واکنشی بین فلز و کاتیون‌های موجود در محلول انجام می‌شد، الیاف فلزی در مقایسه با تیغه فلزی دمای محلول را با سرعت بیشتری افزایش می‌دادند؛ چراکه سطح تماس آن‌ها با محلول در مقایسه با تیغه فلزی بیشتر بود.

ت: چون قرار دادن آلومینیم در محلول روی سولفات موجب افزایش دمای محلول شده است، پس می‌توان گفت آلومینیم در مقایسه با روی تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون داشته و بر این اساس، حتما Al کاهنده‌تر از Zn خواهد بود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۱ ابتدا مقدار یون هیدروژن در محلول اسیدی و مقدار یون هیدروکسید در محلول بازی را محاسبه می‌کنیم:

محلول هیدروکلریک اسید : $[H^+] = ۲/۸\ mol.L^{-۱} \Longrightarrow ?\ mol\ H^+ = ۳\ L\ \text{محلول} \times \frac{۲/۸\ mol\ H^+}{۱\ L\ \text{محلول}} = ۸/۴\ mol$

محلول سود : غلظت $= \frac{\text{درصد جرمی} \times ۱۰ \times \text{چگالی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{۱۰ \times ۱۲/۱۶ \times ۱/۲۵}{۴۰} = ۳/۸\ mol.L^{-۱} \Longrightarrow$

$?\ mol\ OH^- = ۲\ L\ \text{محلول} \times \frac{۳/۸\ mol\ NaOH}{۱\ L\ \text{محلول}} \times \frac{۱\ mol\ OH^-}{۱\ mol\ NaOH} = ۷/۶\ mol$

در محلول هیدروکلریک اسید، ۸/۴ مول یون هیدروژن و در محلول سود، ۷/۶ مول یون هیدروکسید وجود داشته است. با مخلوط شدن این دو محلول، ۷/۶ مول از یون‌های هیدروژن موجود در محلول اسیدی خنثی شده و ۰/۸ مول از این یون‌ها باقی می‌ماند. از طرفی، حجم محلول تولید شده طی این فرایند نیز برابر با ۵ لیتر می‌شود. بر این اساس، داریم:

$[H^+] = \frac{\text{مقدار مول } H^+}{\text{لیتر محلول}} \Longrightarrow [H^+] = \frac{۰/۸\ mol\ H^+}{۵\ L\ \text{محلول}} = ۰/۱۶\ mol.L^{-۱}$

فلز کلسیم بر اساس معادله $Ca(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow CaCl_۲(aq) + H_۲(g)$ با هیدروکلریک اسید واکنش داده و ذرات سازنده آن اکسید می‌شوند. بر این اساس، داریم:

$?\ g\ Ca = ۱\ L\ \text{محلول} \times \frac{۰/۱۶\ mol\ HCl}{۱\ L\ \text{محلول}} \times \frac{۱\ mol\ Ca}{۲\ mol\ HCl} \times \frac{۴۰\ g\ Ca}{۱\ mol\ Ca} = ۳/۲\ g$

$?\ mol\ H = ۱\ L\ \text{محلول} \times \frac{۰/۱۶\ mol\ HCl}{۱\ L\ \text{محلول}} \times \frac{۱\ mol\ H_۲}{۲\ mol\ HCl} \times \frac{۲\ mol\ H}{۱\ mol\ H_۲} = ۰/۱۶\ mol$

در قدم بعد، مقداری از گاز متان($CH_۴$) که در ساختار آن ۰/۱۶ مول اتم هیدروژن وجود دارد را محاسبه می‌کنیم.

$?\ mol\ CH_۴ = ۰/۱۶\ mol\ H \times \frac{۱\ mol\ CH_۴}{۴\ mol\ H} = ۰/۰۴\ mol$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۲ فلزهای آهن و منیزیم، از جمله عناصری هستند که در مقایسه با مس قدرت کاهندگی بیشتری دارند. واکنش انجام شده بین تیغه‌های آهنی و منیزیمی با محلول مس(II) سولفات به صورت زیر است:

$CuSO_۴(aq) + Mg(s) \rightarrow MgSO_۴(aq) + Cu(s)$ یا $Mg(s) + Cu^{۲+}(aq) \rightarrow Mg^{۲+}(aq) + Cu(s)$

$CuSO_۴(aq) + Fe(s) \rightarrow FeSO_۴(aq) + Cu(s)$ یا $Fe(s) + Cu^{۲+}(aq) \rightarrow Fe^{۲+}(aq) + Cu(s)$

چون منیزیم در مقایسه با آهن قدرت کاهندگی بیشتر و واکنش‌پذیری بالاتری دارد، این فلز در مقایسه با آهن دمای محلول را به مقدار بیشتری افزایش داده و بر این اساس، می‌توان گفت سهم فلز منیزیم در تغییر دمای ایجاد شده بیشتر از سهم فلز آهن است. فرض می‌کنیم که جرم x گرم از هر عنصر در این واکنش مصرف شده است. بر این اساس، داریم:

$?\ mol\ Mg^{۲+} = x\ g\ Mg \times \frac{۱\ mol\ Mg}{۲۴\ g\ Mg} \times \frac{۱\ mol\ Mg^{۲+}}{۱\ mol\ Mg} = \frac{x}{۲۴}\ mol$

$?\ mol\ Fe^{۲+} = x\ g\ Fe \times \frac{۱\ mol\ Fe}{۵۶\ g\ Fe} \times \frac{۱\ mol\ Fe^{۲+}}{۱\ mol\ Fe} = \frac{x}{۵۶}\ mol$

شمار یون‌های منیزیم و آهن وارد شده به محلول مورد نظر را محاسبه کردیم. بر این اساس، غلظت نهایی این دو یون در محلول مورد نظر را با هم مقایسه می‌کنیم. در این رابطه، داریم:

$\frac{\text{غلظت یون منیزیم}}{\text{غلظت یون آهن}} = \frac{\text{شمار یون‌های منیزیم وارد شده به محلول}}{\text{شمار یون‌های آهن وارد شده به محلول}} = \frac{\frac{x}{۲۴}\ mol}{\frac{x}{۵۶}\ mol} = \frac{۵۶}{۲۴} = \frac{۷}{۳}$ برابر

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud

۱۳ تکنسیم، عنصری با عدد اتمی ۴۳ بوده و در دوره شماره ۵ جدول تناوبی قرار گرفته است. ید با عدد اتمی ۵۳، عنصری از گروه ۱۷ جدول دوره‌ای است که در تناوب پنجم قرار گرفته است. هر اتم ید در واکنش‌های شیمیایی یک الکترون گرفته و به یون یدید تبدیل می‌شود. سایر عناصر موجود در گروه ۱۷(هالوژن‌ها) نیز در واکنش‌های شیمیایی یک الکترون گرفته و به یون هالید تبدیل می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ معادله واکنش محلول نقره نیترات با محلول سدیم کلرید به صورت زیر است:

$$AgNO_3(aq) + NaCl(aq) \rightarrow AgCl(s) + NaNO_3(aq)$$

رسوب تولید شده در این واکنش($AgCl$)، سفیدرنگ است. در این واکنش، بار یون‌ها بدون تغییر مانده و هیچ گونه‌ای اکسایش یا کاهش پیدا نکرده است.

۲ مقایسه قدرت کاهندگی چهار فلز داده شده به صورت زیر است:

نقره $<$ مس $<$ آهن $<$ روی : قدرت کاهندگی

بر این اساس، می‌توان گفت مقایسه قدرت اکسندگی کاتیون حاصل از این چهار فلز نیز به صورت زیر است:

کاتیون نقره $>$ کاتیون مس $>$ کاتیون آهن $>$ کاتیون روی : قدرت اکسندگی

چون در واکنش اول(واکنش میان فلز روی با محلولی از نقره نیترات)، قدرت کاهندگی فلز مصرف شده بیشتر بوده و قدرت اکسندگی کاتیون مصرف شده(یون نقره) نیز بالاتر از واکنش دوم(واکنش میان فلز آهن با محلول $CuSO_4$) است، پس می‌توان گفت مقدار انرژی مبادله شده در این واکنش شیمیایی بیشتر از مقدار انرژی مبادله شده در واکنش دوم می‌شود.

۴ هلیم، عنصری از دوره اول جدول تناوبی است که آرایش الکترونی آن به یک زیرلایه با $l = 0$ ختم می‌شود. این عنصر به طور معمول در واکنش‌های شیمیایی شرکت نکرده و هیچ الکترونی از دست نمی‌دهد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴ نیروی الکتروموتوری(emf) در یک سلول گالوانی، حداکثر اختلاف پتانسیلی است که یک سلول می‌تواند به وجود بیاورد. مقدار این اختلاف پتانسیل را با E° نیز نشان می‌دهند. برای پیداکردن مقدار emf یک سلول گالوانی، از روش‌های زیر می‌توان کمک گرفت:

✓ نیم‌سلول‌های سازنده سلول را به یکدیگر متصل کرده و مقدار emf را به کمک ولت‌سنج اندازه‌گیری می‌کنیم.

✓ ابتدا آند و کاتد سلول گالوانی موردنظر را پیدا کرده و پس از آن E° آند را از E° کاتد کم می‌کنیم.

چون آلومینیم نسبت به روی پتانسیل کاهشی استاندارد منفی‌تری دارد، در صورت اتصال نیم‌سلول‌های آلومینیم و روی به یکدیگر، سلولی به وجود می‌آید که در آن آلومینیم در نقش آند و روی در نقش کاتد است. بر این اساس، مقدار نیروی الکتروموتوری سلول مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = (-۰/۷۶) - (-۱/۶۶) = ۰/۹V$$

اگر نیم‌سلول آندی(نیم‌سلول آلومینیم) این سلول را با نیم‌سلول نقره جایگزین کنیم، سلول گالوانی روی-نقره بدست می‌آید. در این سلول، فلز نقره در نقش کاتد و فلز روی در نقش آند خواهد بود. بر این اساس، داریم:

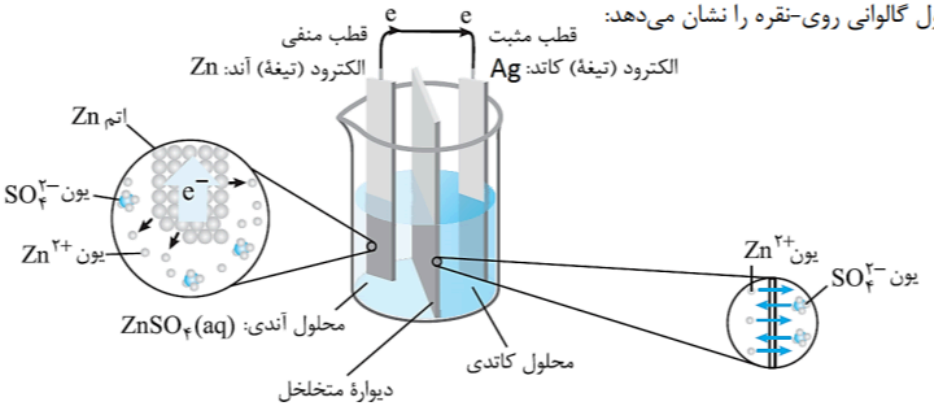
$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = (+۰/۸) - (-۰/۷۶) = ۱/۵۶V$$

با توجه به محاسبات انجام شده، اختلاف مقدار نیروی الکتروموتوری دو سلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta V = ۱/۵۶ - ۰/۹ = ۰/۶۶\,V$$

توجه داریم که مقدار emf برای سلول‌های گالوانی همواره مقداری مثبت است. چنان‌چه ولت‌سنج مقدار E° یک سلول را با عددی منفی نشان داد و یا این که پس از محاسبه emf سلول، یک عدد منفی به دست آوردید، فقط به این معناست که موقعیت آند و کاتد سلول را به اشتباه تشخیص داده و قطب‌های ناهم‌نام سلول گالوانی و ولت‌سنج را به یکدیگر وصل کرده‌اید.

تصویر زیر، نمایی از سلول گالوانی روی-نقره را نشان می‌دهد:



همانطور که مشخص است، از خلال دیواره متخلخل موجود در این سلول، آنیون‌ها از سمت محلول کاتدی به سمت محلول آندی رفته و به طرف قطب منفی سلول مورد نظر حرکت می‌کنند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵ عبارت‌های (آ) و (ب) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در واکنش داده شده یون Ag^+ در نقش اکسنده بوده و Pb نیز نقش کاهنده را دارد. از این رو الکترود Ag^+/Ag کاتد و الکترود Pb^{2+}/Pb آند است و بر این اساس، داریم:

$$E^\circ(Ag^+/Ag) > E^\circ(Pb^{2+}/Pb)$$

کاتیون‌های فلزی موجود در یک محلول، در واکنش با اتم‌های یک عنصر فلزی دیگر که واکنش‌پذیری بیشتر(یا پتانسیل کاهشی استاندارد منفی‌تر) 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 خنثای 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. با توجه به فرایند انجام شده در این واکنش، می‌توان گفت پتانسیل کاهشی استاندارد روی منفی‌تر از مس است.

ب: معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$2Ag^+(aq) + Pb(s) \xrightarrow{2e} 2Ag(s) + Pb^{2+}(aq)$$

به ازای مبادله ۲ مول الکترون در این واکنش، ۲ مول فلز نقره تولید می‌شود. بر این اساس داریم:

$$?\,g\,Ag = 4/515 \times 10^{22} e^- \times \frac{1\ mol\ e^-}{6/02 \times 10^{23} e^-} \times \frac{2\ mol\ Ag}{2\ mol\ e^-} \times \frac{108\ g\ Ag}{1\ mol\ Ag} = 8/1\ g\ Ag$$

پ: در سلول‌های گالوانی، همواره جهت حرکت آنیون‌ها از دیواره متخلخل، از سمت نیم‌سلول کاتدی به سمت نیم‌سلول آندی است. بنابراین در این سلول، آنیون‌ها به سمت الکترود فلز سرب که یک فلز اصلی است، حرکت می‌کنند.

ت: با انجام واکنش در این سلول گالوانی، به تدریج سطح الکترود کاتد یعنی سطح تیغه نقره، دارای بار مثبت شده و سطح تیغه سرب دارای بار منفی می‌شود. به همین خاطر است که تیغه نقره، قطب مثبت این سلول را تشکیل می‌دهد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۶ با انحلال دی‌نیتروژن پنتاکسید در آب، محلول نیتریک اسید بدست می‌آید. واکنش میان نیتریک اسید و فلز منیزیم به صورت زیر است:

$$2HNO_3(aq) + Mg(s) \rightarrow Mg(NO_3)_2(aq) + H_2(g)$$

با توجه به معادله این واکنش، مقدار مول‌های نیتریک اسید مصرف شده را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,mol\ HNO_3 = 0/6\ g\ Mg \times \frac{1\ mol\ Mg}{24\ g\ Mg} \times \frac{2\ mol\ HNO_3}{1\ mol\ Mg} = 0/05\ mol$$

در ۱ لیتر از محلول مورد نظر، ۰/۰۵ مول نیتریک اسید وجود داشته است، پس می‌توان گفت در ۱۰ لیتر از محلول اسیدی تولید شده، ۰/۵ مول نیتریک اسید موجود بوده است. معادله واکنش تولید نیتریک اسید به صورت زیر است:

$$N_2O_5(s) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(aq)$$

با توجه به معادله این واکنش شیمیایی، جرم دی‌نیتروژن پنتاکسید مصرف شده را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,g\,N_2O_5 = 0/5\,mol\ HNO_3 \times \frac{1\ mol\ N_2O_5}{2\ mol\ HNO_3} \times \frac{108\ g\ N_2O_5}{1\ mol\ N_2O_5} = 27\ g$$

در معادله $2HNO_3(aq) + Mg(s) \rightarrow Mg(NO_3)_2(aq) + H_2(g)$، به ازای مصرف شدن هر مول فلز منیزیم، دو مول الکترون مبادله شده و یک مول یون منیزیم تولید می‌شود. بر این اساس، تعداد الکترون‌های مبادله شده در واکنش را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,e^-\ \text{تعداد} = 0/6\ g\ Mg \times \frac{1\ mol\ Mg}{24\ g\ Mg} \times \frac{2\ mol\ e^-}{1\ mol\ Mg} \times \frac{6/02 \times 10^{23}\ e^-\ \text{تعداد}}{1\ mol\ e^-} = 3/01 \times 10^{22}$$

اغلب فلزها با محلول‌های اسیدی واکنش داده و منجر به تولید گاز هیدروژن و محلولی از یون‌های آبپوشیده می‌شوند. به عنوان مثال، اگر تیغه‌ای از جنس فلز روی را در محلولی از هیدروکلریک اسید قرار بدهیم، اتم‌های خنثای روی با از دست دادن دو الکترون به یون‌های Zn^{2+} اکسایش پیدا کرده و الکترون‌های خود را به یون‌های هیدروژن موجود در محلول انتقال می‌دهند. یون‌های هیدروژن نیز پس از گرفتن الکترون، کاهش یافته و به مولکول‌های هیدروژن تبدیل می‌شوند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۷ نیروی الکتروموتوری(emf) در یک سلول گالوانی، حداکثر اختلاف پتانسیلی است که یک سلول می‌تواند به وجود بیاورد. اگر کاتد دو سلول گالوانی یکسان باشد، سلولی که E° آند آن کوچک‌تر(منفی‌تر) است، نیروی الکتروموتوری بیشتری نیز خواهد داشت. چون آهن در مقایسه با هیدروژن پتانسیل کاهشی کوچک‌تری دارد، پس می‌توان گفت نیروی الکتروموتوری سلول گالوانی آهن-نقره، بیشتر از نیروی الکتروموتوری سلول گالوانی هیدروژن-نقره است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) اگر قدرت کاهندگی(تمایل به از دست دادن الکترون و اکسید شدن) Al بیشتر از Sn باشد، پس از ورود تیغه‌ی Sn به محلول آلومینیم سولفات، واکنشی انجام نشده و دمای محلول ثابت می‌ماند.

۲) روی و آهن، از جمله فلزهایی هستند که با محلول حاوی کاتیون مس(II) واکنش می‌دهند. چون روی در مقایسه با آهن کاهنده‌تر بوده و تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون(اکسید شدن) دارد، در شرایط یکسان یک تیغه روی، در مقایسه با یک تیغه آهنی، دمای محلول مس(II) سولفات را به مقدار بیشتری افزایش می‌دهد.

برای مقایسه تمایل فلزهای مختلف به از دست دادن الکترون، می‌توانیم از واکنش این عناصر با یک محلول خاص در شرایط یکسان استفاده کنیم. هر فلزی که با محلول موردنظر با شدت بیشتری واکنش داده و دمای محلول را به مقدار بیشتری افزایش دهد، تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون خواهد داشت. به عنوان مثال، اگر تیغه‌های مجزایی از عناصر روی و منیزیم را وارد محلول‌های یکسانی از مس(II) سولفات با دمای ۲۰°C کنیم، دمای محلولی که تیغه منیزیم به آن وارد شده است، به مقدار بیشتری افزایش پیدا می‌کند؛ پس می‌توان گفت تمایل اتم‌های منیزیم به اکسیدشدن و از دست دادن الکترون، بیشتر از اتم‌های روی است.

۳) چون منیزیم در مقایسه با مس پتانسیل کاهشی منفی‌تری دارد، این فلز در نقش آند سلول قرار می‌گیرد. بر این اساس، می‌توان گفت در سلول گالوانی منیزیم-مس، الکترون‌های موجود در مدار خارجی به سمت تیغه کاتدی(تیغه مسی) جاری می‌شوند.

(مازاد ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۸ عبارت‌های (ب) و (ث) نادرست هستند.

بررسی موارد:

آ: پتانسیل کاهشی لیتیم در مقایسه با سایر عناصر فلزی کمتر بوده و به همین خاطر، در سری الکتروشیمیایی عناصر فلزی، عنصر لیتیم در موقعیت پایین‌تری در مقایسه با عنصر روی و سایر فلزات قرار دارد.

ب: فلز مس، در نقش کاتد سلول مورد نظر است. با گذشت زمان، کاتیون‌های موجود در نیم‌سلول مس(کاتیون‌های Cu^{2+}) مصرف شده و به همین خاطر، از شدت رنگ محلول موجود در این نیم سلول به مرور کاسته می‌شود.

پ: 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. به طریق مشابه، با انجام شدن نیم‌واکنش کاهش در سمت کاتد، تعداد آنیون‌های موجود در محلول کاتدی 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 کاتدی مهاجرت کنند و به آنیون‌های موجود در الکترولیت کاتدی 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.

ت: شیمی‌دان‌ها پس از آن که پتانسیل الکترودی استاندارد نیم‌سلول‌های مختلف را اندازه‌گیری کردند، مقادیر حاصل را در یک جدول قرار داده و نام آن را سری الکتروشیمیایی گذاشتند. در سری الکتروشیمیایی، هرچه پتانسیل الکترودی(E°) یک نیم‌سلول منفی‌تر باشد، نیم‌واکنش کاهشی انجام‌شده در آن نیم‌سلول در موقعیت پایین‌تری از جدول قرار می‌گیرد و هرچه پتانسیل الکترودی یک نیم‌سلول مثبت‌تر باشد، نیم‌واکنش کاهشی انجام‌شده در آن نیم‌سلول در موقعیت بالاتری از جدول قرار می‌گیرد. در هر نیم‌واکنش مربوط به عناصر فلزی که E° بزرگ‌تری داشته باشد، کاتیون فلزی تمایل بیشتری به گرفتن الکترون(کاهش یافتن) دارد.

ث: با استفاده از این نیم‌سلول‌ها، می‌توان ۳ سلول گالوانی $Cu-Ag$، $Mn-Cu$ و $Mn-Ag$ با نیروی الکتروموتوری(emf) متفاوت ایجاد کرد. توجه داریم که اگر n نیم‌سلول مختلف داشته باشیم، می‌توانیم $\frac{n(n-1)}{2}$ سلول گالوانی مختلف بسازیم.

(مازاد ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۹ پتانسیل کاهشی استاندارد فلز نقره در مقایسه با پتانسیل کاهشی استاندارد مس، مثبت‌تر است. البته، توجه داریم که این دو فلز E° مثبت دارند. در کاتد سلول گالوانی حاصل از الکترودهای نقره و مس، نیم‌واکنش $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$ انجام می‌شود. توجه داریم که در سلول گالوانی مورد نظر، نیم‌سلول نقره در نقش کاتد و نیم‌سلول مس در نقش آند است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) حجم هر ماده گازی با دمای آن رابطه مستقیم دارد. به عبارت دیگر، با افزایش دمای گازها حجم آن‌ها افزایش پیدا می‌کند. پتانسیل الکتریکی نیم‌سلول استاندارد هیدروژن در دمای ۲۵°C و فشار ۱ اتمسفر اندازه‌گیری می‌شود. در شرایط STP(دمای ۰°C و فشار ۱ اتمسفر) حجم هر مول از گازها برابر ۲۲/۴ لیتر می‌شود؛ پس می‌توان گفت در دمای ۲۵°C و فشار ۱ اتمسفر، حجم هر مول از مواد گازی بیشتر از ۲۲/۴ لیتر می‌شود.

۲) چون پتانسیل کاهشی استاندارد فلز آلومینیم کمتر از پتانسیل کاهشی استاندارد فلز نقره است، در سلول گالوانی آلومینیم-نقره، تیغه آلومینیم به عنوان آند(قطب منفی) و تیغه نقره به عنوان کاتد(قطب مثبت) ایفای نقش می‌کند. همانطور که می‌دانیم، عناصر آلومینیم و نقره به ترتیب متعلق به دسته‌های p و d از جدول تناوبی هستند.

۳) در سری الکتروشیمیایی، با حرکت از بالا به پایین، پتانسیل کاهشی استاندارد عناصر کاهش پیدا می‌کند. اگر موقعیت فلز X در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از فلز Y باشد، می‌توان گفت مقدار E° این فلز در مقایسه با فلز Y منفی‌تر بوده و بر این اساس، فلز مورد نظر در مقایسه با فلز Y تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون و تبدیل شدن به کاتیون محلول در آب خواهد داشت. با توجه به توضیحات داده شده، می‌توان گفت فلز X نسبت به فلز Y قدرت کاهندگی بیشتری دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۰ معادله واکنش موازنه شده به صورت زیر است:

$$۲MnO_۲(s) + Zn(s) \rightarrow ZnO(s) + Mn_۲O_۳(s)$$

نمونه فلز روی مصرف شده در این واکنش شیمیایی، ناخالص است. ابتدا می‌توان مقدار خالص فلز روی مصرف شده را به توجه به درصد خلوص این فلز به صورت زیر محاسبه کرد:

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{جرم ماده خالص}}{\text{جرم ماده ناخالص}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۶۵ = \frac{\text{جرم ماده خالص}}{۴۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{جرم ماده خالص} = ۲۶\ g$$

در واکنش موازنه شده، ۲ مول الکترون به ازای مصرف ۱ مول Zn بین گونه‌های اکسنده و کاهنده مبادله شده است. بر این اساس، خواهیم داشت:

$$?e = ۲۶\ g\ Zn \times \frac{۱\ mol\ Zn}{۶۵\ g\ Zn} \times \frac{۲\ mol\ e}{۱\ mol\ Zn} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ e}{۱\ mol\ e} = ۴۸/۱۶ \times ۱۰^{۲۲}\ e = ۴/۸۱۶ \times ۱۰^{۲۳}\ e$$

جرم روی اکسید تولید شده را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$?g\ ZnO = ۲۶\ g\ Zn \times \frac{۱\ mol\ Zn}{۶۵\ g\ Zn} \times \frac{۱\ mol\ ZnO}{۱\ mol\ Zn} \times \frac{۸۱\ g\ ZnO}{۱\ mol\ ZnO} = ۳۲/۴\ g$$

با توجه به محاسبات بالا، جرم روی اکسید تولید شده برابر با ۳۲/۴ گرم است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۱ برقکافت، فرآیندی است که در آن یک ماده توسط جریان الکتریکی به عناصر سازنده خود تجزیه می‌شود. این فرآیند در سلول‌های الکترولیتی انجام شده و واکنش مربوط به آن، گرماگیر است. معادله واکنش برقکافت آب به صورت زیر است: $۲H_۲O(l) \rightarrow ۲H_۲(g) + O_۲(g)$

جدول زیر اطلاعاتی را در مورد برقکافت آب در اختیارمان قرار می‌دهد:

ویژگی‌ها	برقکافت آب
نیم‌واکنش کاهش در کاتد	$۴H_۲O(l) + ۴e^- \rightarrow ۴OH^-(aq) + ۲H_۲(g)$
نیم واکنش اکسایش در آند	$۲H_۲O(l) \rightarrow O_۲(g) + ۴H^+(aq) + ۴e^-$
واکنش اصلی سلول	$۲H_۲O(l) \rightarrow ۲H_۲(g) + O_۲(g)$
شمار مول الکترون مبادله شده در واکنش اصلی	۴ مول
گونه تولید شده در آند	گاز اکسیژن
گونه تولید شده در کاتد	گاز هیدروژن
خاصیت محیط اطراف آند	اسیدی
خاصیت محیط اطراف کاتد	بازی
جنس الکترودها	گرافیتی

با توجه به معادله واکنش برقکافت آب، حجم گاز هیدروژن تولید شده در کاتد، ۲ برابر حجم گاز اکسیژن تولید شده در آند است. با توجه به شکل داده شده، A معادل با گاز اکسیژن($O_۲$) و B نیز معادل با گاز هیدروژن($H_۲$) است. بر این اساس، عبارت‌های (آ) و (ب) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: گاز B، معادل با گاز هیدروژن بوده و طیف نشری خطی این ماده در ناحیه مرئی دارای ۴ خط رنگی با انرژی و طول موج‌های متفاوت است. طیف نشری خطی اتم هیدروژن در ناحیه مرئی، حاصل پدیده نشر از لایه‌های ششم، پنجم، چهارم و سوم به لایه الکترونی دوم است. توجه داریم که طیف نشری-خطی لیتیم نیز در ناحیه مرئی دارای ۴ خط رنگی است.

ب: گاز A، معادل با گاز اکسیژن($O_۲$) بوده و گاز B، معادل با گاز هیدروژن($H_۲$) است. اتم‌های سازنده گازهای هیدروژن و اکسیژن، همانند اتم‌های کربن، در ساختار سوخت‌های سبز یافت می‌شوند.

پ: ساختار لوویس دو گاز اکسیژن و هیدروژن به صورت زیر است: $H-H \quad \ddot{O}=\ddot{O}$

همانطور که مشخص است، در ساختار مولکول اکسیژن، جفت الکترون‌های ناپیوندی و یک پیوند دوگانه وجود داشته ولی در ساختار مولکول‌های سازنده گاز هیدروژن، جفت الکترون ناپیوندی وجود ندارد و پیوند بین دو اتم در این مولکول نیز از نوع یگانه است.

ت: سلول سوختی متشکل از دو الکترود که مواد A و B در آن‌ها مصرف می‌شود، سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن است. در این سلول، گاز هیدروژن و اکسیژن به طور کنترل شده به ترتیب وارد آند و کاتد می‌شوند. توجه داریم که گاز اکسیژن جرم مولی بیشتری داشته و چگالی آن در شرایط یکسان در مقایسه با گاز هیدروژن بیشتر است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۲ عبارت‌های (آ)، (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: مجموع عدد اکسایش اتم‌های موجود در ساختار یک ترکیب که از نظر بار الکتریکی خنثی است، باید برابر با صفر باشد. بر این اساس، در رابطه با K_2MnO_4 و روبیدیم سولفات(Rb_2SO_4)، داریم:

$$K_2MnO_4 : 0 = 2(+1) + x + 4(-2) \rightarrow x = +6$$
$$Rb_2SO_4 : 0 = 2(+1) + x + 4(-2) \rightarrow x = +6$$

با توجه به محاسبات بالا، می‌توان گفت عدد اکسایش اتم منگنز در ساختار K_2MnO_4، همانند عدد اکسایش گوگرد در روبیدیم سولفات، برابر با ۶+ است.

ب: باتری‌های روی-نقره، نوعی از باتری‌های دگمه‌ای هستند که در آن‌ها از فلز روی و نقره اکسید به ترتیب به عنوان آند و کاتد استفاده می‌شود. در باتری‌های روی-نقره، همهٔ واکنش‌دهنده‌ها(فلز روی و نقره اکسید) حالت جامد دارند؛ درحالی که در سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن(عناصر اکسیژن و هیدروژن)، همه واکنش‌دهنده‌ها حالت گاز دارند.

پ: معادله واکنش انواع اکسیدهای اسیدی با آب به صورت زیر است:

$$I)\ N_2O_5(s) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + 2NO_3^-(aq)$$
$$II)\ CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2CO_3(aq) \rightarrow H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$
$$III)\ SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

با انحلال دی‌نیتروژن پنتاکسید جامد در آب، یون نیترات(NO_3^-) در محلول ایجاد می‌شود. با انحلال گاز گوگرد تری‌اکسید در آب نیز یون سولفات(SO_4^{2-}) در محلول ایجاد می‌شود. توجه داریم که این واکنش‌ها از نوع اکسایش-کاهش نبوده و عدد اکسایش اتم مرکزی مولکول‌ها در آن‌ها دچار تغییر نمی‌شود. برای مثال، در واکنش دی‌نیتروژن پنتاکسید با آب که منجر به تولید نیتریک اسید می‌شود، عدد اکسایش نیتروژن در ابتدای فرایند برابر با ۵ بوده و در انتهای کار نیز برابر با ۵ باقی می‌ماند.

ت: در تیغه‌های آندی و کاتدی سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن، نوعی کاتالیزگر مناسب قرار داده شده است که موجب افزایش سرعت انجام نیم‌واکنش آندی و کاتدی می‌شود. به طور کلی، کاتالیزگرها انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها را کاهش داده و باعث افزایش سرعت واکنش می‌شوند. البته، توجه داریم که استفاده از کاتالیزگرها هیچ تغییری در مقدار تغییر آنتالپی واکنش‌ها ایجاد نمی‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۳ معادله موازنه‌شده واکنش مربوط به تولید گاز هیدروژن به صورت زیر است:

$$CH_4(g) + H_2O(g) \rightarrow 3H_2(g) + CO(g)$$

با توجه به معادله این واکنش شیمیایی، مقدار هیدروژن تولید شده به ازای مصرف ۸ گرم گاز متان را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,mol\ H_2 = 8\ g\ CH_4 \times \frac{1\ mol\ CH_4}{16\ g\ CH_4} \times \frac{3\ mol\ H_2}{1\ mol\ CH_4} = 1/5\ mol$$

واکنش انجام شده در سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن به صورت $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ است. به ازای مصرف شدن هر مول گاز هیدروژن در این واکنش، ۲ مول الکترون در مدار خارجی سلول سوختی جاری می‌شود؛ پس داریم:

$$?\ \text{الکترون مبادله شده} = 1/5\ mol\ H_2 \times \frac{2\ mol\ \text{الکترون مبادله شده}}{1\ mol\ H_2} \times \frac{6/02 \times 10^{23}\ \text{الکترون}}{1\ mol\ \text{الکترون}} = 1/806 \times 10^{24}\ \text{الکترون}$$

همانطور که مشخص است، به ازای مصرف شدن ۱/۵ مول هیدروژن در این واکنش، ۱/۵ مول آب نیز تولید می‌شود. در این رابطه، داریم:

$$?\,mol\ H_2O = 1/5\ mol\ H_2 \times \frac{2\ mol\ H_2O}{2\ mol\ H_2} = 1/5\ mol$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۴ در محلول‌های بسیار رقیق، چگالی محلول به طور تقریبی برابر با $1 g.mL^{-1}$ در نظر گرفته شده و در نتیجه غلظت $1 ppm$ معادل با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر($1 mg.L^{-1}$) است. در محلول اولیه $540 ppm$ سدیم کلرید وجود دارد. بر اثر انجام واکنش برقکافت آب، $60 L$ گاز با حجم مولی $24 L.mol^{-1}$ آزاد شده است. معادله واکنش انجام شده به صورت $2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ است. بنابراین داریم:

$$?L\ H_2O = 60\ L\ \text{گاز} \times \frac{1\ mol\ \text{گاز}}{24\ L\ \text{گاز}} \times \frac{2\ mol\ H_2O}{3\ mol\ \text{گاز}} \times \frac{18\ g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O} \times \frac{1\ L\ H_2O}{1000\ g\ H_2O} = 0/03\ L\ H_2O \approx 30\ mL\ H_2O$$

آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد؛ از این‌رو برای برقکافت آن باید اندکی از یک ماده الکترولیت را به آب اضافه کرد. البته، باید توجه داشته باشیم که آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در الکترولیت موردنظر، نباید در رقابت‌های آندی و کاتدی بر آب پیروز شوند چرا که در این صورت، از فرایند برقکافت گازهای هیدروژن و اکسیژن تولید نشده و مولکول‌های آب تجزیه نمی‌شوند.

جرم محلول اولیه برابر با ۳۰۰ گرم بوده و ۳۰ گرم(معادل با ۳۰ میلی‌لیتر) از آب موجود در این محلول، طی فرایند برقکافت تجزیه شده است. پس جرم نهایی آب برابر خواهد بود با:

$$300 - 30 = 270\ g$$

در نهایت درصد جرمی سدیم کلرید را در محلول نهایی محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی سدیم کلرید} = \frac{\text{جرم سدیم کلرید}}{\text{جرم سدیم کلرید + جرم آب}} \times 100 = \frac{\text{جرم سدیم کلرید}}{\text{جرم محلول}} \times 100 = \frac{0/3\ L \times \frac{540\ mg}{1\ L} \times \frac{1\ g}{1000\ mg}}{270\ g} \times 100 = \frac{16/2}{270} \times 100 =$$

$$\text{درصد } 0/06 =$$

از آنجا که در محلول‌های اولیه و نهایی جرم سدیم کلرید در برابر جرم آب ناچیز است، از آن صرف‌نظر کردیم. برای محاسبه غلظت ppm سدیم کلرید در محلول نهایی، از روش زیر نیز می‌توان استفاده کرد.

$$\text{جرم محلول اولیه} \times ppm \text{ محلول اولیه} = \text{جرم محلول نهایی} \times ppm \text{ محلول نهایی} \Rightarrow 540 \times 300 = x \times 270 \Rightarrow x = 600\ ppm$$

بر این اساس، داریم:

$$\text{درصد جرمی} = \text{غلظت} \times 10^{-4} \Rightarrow \text{درصد } 0/06 = 600 \times 10^{-4}\ ppm$$

(مازاد ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۵ چون مولکول‌های آب در مقایسه با یون سدیم قدرت اکسندگی بالاتری دارند، برای بدست آوردن فلز سدیم نمی‌توان از برقکافت محلول آبی سدیم کلرید استفاده کرد. برای این منظور، باید از سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی استفاده شود تا یون سدیم بتواند در نیم‌واکنش کاهش شرکت کرده و فلز سدیم را تولید کند. توجه داریم که با افزودن کلسیم کلرید به سدیم کلرید، دمای ذوب این ماده از ۸۰۱ درجه سانتی‌گراد، به ۵۸۷ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا می‌کند. این فرایند سبب کاهش انرژی موردنیاز برای ذوب سدیم کلرید می‌شود. البته از آن‌جا که $E°(Ca^{2+}/Ca)$ کم‌تر از $E°(Na^{+}/Na)$ است، وجود یون‌های کلسیم در مخلوط واکنش مزاحمتی برای کاهش یون‌های سدیم ایجاد نمی‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) بخاطر رسانایی ناچیز آب خالص، برای برقکافت این ماده باید مقدار کمی از یک ماده الکترولیت مثل سدیم کلرید را به آن اضافه کرد. در این حالت، رسانایی محلول مورد نظر افزایش یافته و فرایند برقکافت با سرعت بیشتری انجام می‌شود.

۳) برقکافت آب فرایندی است که جریان برق از درون آب عبور داده شده و آب به عنصرهای سازنده خود یعنی H_2 و O_2 تجزیه می‌شود. نیم‌واکنش‌های انجام شده در این فرایند به صورت مقابل است:

نیم واکنش کاهش در کاتد (قطب منفی): $4H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 2H_2 + 4OH^-(aq)$

نیم واکنش اکسایش در آند (قطب مثبت): $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+ + 4e^-(aq)$

مطابق نیم‌واکنش‌های بالا، pH محلول پیرامون آند، کاهش یافته و pH محلول پیرامون کاتد افزایش می‌یابد. البته، چون مقدار یون‌های هیدروژن و هیدروکسید تولید شده در این فرایند با هم برابر است، محلول نهایی خنثی باقیمانده و خاصیت اسیدی یا بازی نخواهد داشت.

۴) در محیط پیرامون ما واکنش‌های اکسایش-کاهش زیادی مانند سیاه‌شدن وسایل نقره‌ای، خوردگی آهن و سایر فلزات، فساد مواد غذایی و ... در حال انجام‌شدن هستند که مطلوب ما نبوده و گاهی زیان‌هایی را به دنبال دارند. البته، ظروف نقره‌ای که طی واکنش‌های اکسایش-کاهش سیاه شده‌اند را با استفاده از واکنش‌های اکسایش-کاهش، می‌توان مجددا جلا داد.

(مازاد ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶ عبارت‌های (آ)، (پ)، (ت) و (ث) درست هستند.

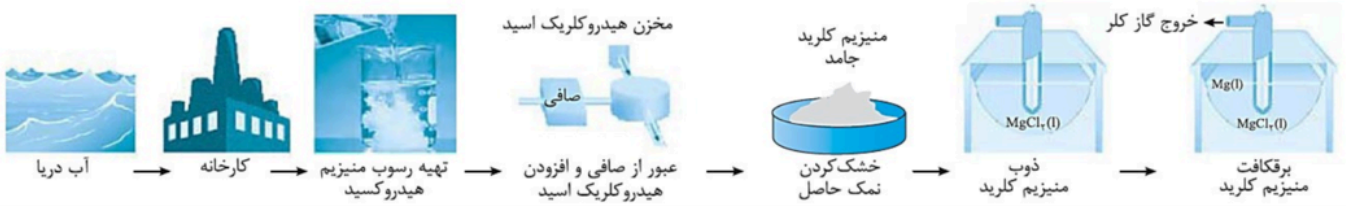
بررسی موارد:

آ: منیزیم، عنصری با عدد اتمی ۱۲ است که در گروه شماره ۲ جدول تناوبی قرار گرفته است. این فلز را با استفاده از فرایندهای شیمیایی می‌توان از آب دریا استخراج کرد. در مرحله آخر از فرایند استخراج فلز منیزیم از آب دریا، منیزیم کلرید حاصل را ذوب کرده و به کمک جریان الکتریکی و یک سلول الکترولیتی آن را برقکافت می‌کنند تا فلز منیزیم مذاب($Mg(l)$) و گاز کلر($Cl_2(g)$) به دست بیایند. نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی انجام‌شده در این سلول به صورت زیر هستند:

نیم‌واکنش آندی: $2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاتدی: $Mg^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Mg(l)$

تصویر زیر، مراحل استخراج فلز منیزیم از آب دریا را نشان می‌دهد:

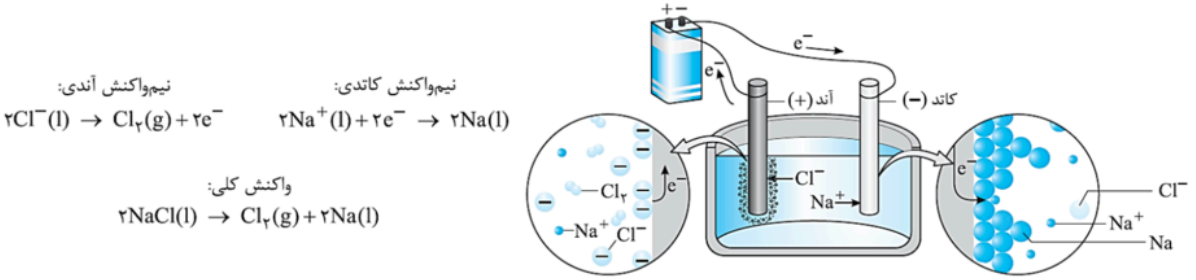


بعد از سدیم، یون‌های منیزیم فراوان‌ترین کاتیون‌های موجود در آب دریا هستند. به همین خاطر، آب دریا یکی از منابع مورداستفاده برای استخراج فلز منیزیم به حساب می‌آید. برای این منظور، پس از انتقال آب دریا به کارخانه، منیزیم موجود در آن را در قالب ماده جامد و نامحلول منیزیم هیدروکسید رسوب داده و از سایر یون‌های موجود در آب جدا می‌کنند. در مرحله بعد، با اضافه‌کردن هیدروکلریک اسید به رسوب منیزیم هیدروکسید، آن را به منیزیم کلرید تبدیل کرده و پس از آن، آب موجود در محلول را تبخیر می‌کنند تا منیزیم کلرید جامد به دست بیاید. در مرحله بعد، منیزیم کلرید حاصل را ذوب کرده و به کمک جریان الکتریکی آن را برقکافت می‌کنند تا به فلز منیزیم و گاز کلر تبدیل شود. توجه داریم که فلز منیزیم ماده ارزشمندی است که از آن برای تهیه آلیاژها و شربت معده استفاده می‌شود.

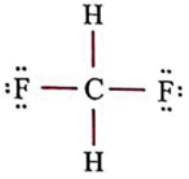
ب: نیم‌واکنش اکسایش در برقکافت منیزیم کلرید مذاب و سدیم کلرید مذاب یکسان بوده و به صورت زیر است:

$2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

طی این فرایند، یون کلرید به گاز کلر تبدیل می‌شود. تصویر زیر، نمایی از سلول الکترولیتی مربوط به برقکافت سدیم کلرید مذاب را نشان می‌دهد:



پ: استیک اسید با فرمول شیمیایی CH_3COOH، اسید آلی موجود در محلول سرکه است. مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن موجود در این ماده برابر با صفر بوده و عدد اکسایش این اتم‌ها به صورت تفکیک شده نیز برابر با ۳+ و ۳- است. توجه داریم که عدد اکسایش اتم کربن در ساختار مولکول CH_2F_2 نیز برابر با صفر است. ساختار مولکولی این ماده به صورت زیر است:



ت: یکی از کاربردهای واکنش‌های اکسایش-کاهش، استفاده از آن‌ها در ساختن انواع باتری‌ها است. ساختار و ویژگی‌های هر باتری متناسب با کارکرد ویژه‌ای است که آن باتری دارد. در ساخت بسیاری از باتری‌ها، از فلز لیتیم استفاده می‌شود. لیتیم در بین فلزها، کم‌ترین چگالی را دارد؛ به همین دلیل باتری‌های لیتیمی سبک‌تر هستند. از طرف دیگر، لیتیم قوی‌ترین کاهنده است و کم‌ترین E° را دارد، بنابراین باتری‌های لیتیمی نسبت به اغلب باتری‌های دیگر، ولتاژ بالایی تولید می‌کنند و توانایی ذخیره انرژی بیشتری را دارند.

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 به‌کاررفته 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 رهاکردن 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.

ث: فرایند برقکافت در سلول‌های الکترولیتی انجام می‌شود. واکنش‌های انجام شده در این سلول‌ها، گرماگیر($\Delta H > 0$) است؛ درنتیجه سطح انرژی فراورده‌های تولید شده در این واکنش‌ها، بیشتر از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها بوده و پایداری آن‌ها نیز کمتر از پایداری واکنش‌دهنده‌ها است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷ مخلوط مذابی از $LiCl$ و $AgCl$، شامل کاتیون‌های مذاب نقره و لیتیم می‌شود. چون یون نقره در مقایسه با یون لیتیم قدرت اکسندگی(تمایل به گرفتن الکترون) بیشتری دارد، با قرار گرفتن این مخلوط در مسیر یک مدار الکتریکی، یون‌های Ag^+ در رقابت برای کاهش یافتن پیروز شده و کاهش می‌یابند. طی این فرایند، فلز نقره در سمت کاتد سلول تولید می‌شود.

اگر در یک سلول الکترولیتی، بیشتر از یک نوع گونه اکسنده(گونه‌ای که قابل کاهیده‌شدن باشد، مثل کاتیون‌های موجود در محلول) وجود داشته باشد، میان گونه‌های اکسنده موجود در محلول برای به دست آوردن الکترون رقابت ایجاد می‌شود. به رقابت موردنظر، به اصطلاح رقابت کاتدی گفته می‌شود و در آن گونه‌ای برنده می‌شود که تمایل بیشتری برای گرفتن الکترون داشته باشد. به عبارت دیگر، گونه‌ای که E° بزرگ‌تری داشته باشد و موقعیت آن در سری الکتروشیمیایی بالاتر باشد، در رقابت کاتدی پیروز شده و الکترون به دست می‌آورد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) با برقکافت سرب(II) یدید مذاب در سلول الکترولیتی، متناسب با کاهش مقدار یون Pb^{2+} در الکترولیت، حجم الکترولیت نیز کاهش پیدا می‌کند. بر این اساس، غلظت یون Pb^{2+} در الکترولیت همواره ثابت باقی می‌ماند. به عنوان مثال، اگر نیمی از یون Pb^{2+} موجود در الکترولیت کاهش یافته و از آن خارج شود، به همان نسبت از حجم الکترولیت نیز کاسته می‌شود.

۳) یکی از راه‌های محافظت از آهن در مقابل خوردگی، پوشاندن سطح آن با فلزهای دیگر است. آهن گالوانیزه(آهن سفید) و ورقه‌های حلبی، نمونه‌هایی از ورقه‌های آهنی پوشیده‌شده با سایر فلزات هستند. به ورقه‌های آهنی که سطح آن‌ها با لایه نازکی از فلز قلع پوشیده شده باشد، حلبی گفته می‌شود. قبل از ایجاد خراش در سطح حلبی، فلز قلع به عنوان یک پوشش محافظ از خوردگی آهن جلوگیری می‌کند. توجه داریم که در این شرایط خود قلع نیز به خاطر ایجادشدن یک لایه متراکم از اکسیدهای قلع در سطح آن، دچار خوردگی نمی‌شود. از ورقه‌های حلبی برای ساخت قوطی کنسرو و قوطی روغن نباتی استفاده می‌شود. توجه داریم که پتانسیل کاهشی استاندارد(E°) قلع، همانند آهن و روی، کوچک‌تر از صفر است.

۴) در فرایند خوردگی آهن، هر اتم فلزی(اتم Fe) ابتدا ۲ الکترون از بیرونی‌ترین زیرلایه خود(الکترون‌های موجود در زیرلایه $4s$ با عدد کوانتومی فرعی صفر) را از دست داده و به صورت یون Fe^{2+} وارد قطره آب می‌شود. این یون با یون هیدروکسید ترکیب شده و به صورت آهن(II) هیدروکسید در می‌آید. چون اکسیژن یک اکسنده قوی است، رسوب $Fe(OH)_2$ مجدداً براساس معادله $4Fe(OH)_2(s) + 2H_2O(l) + O_2(g) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$ با اکسیژن وارد واکنش شده و رسوب آهن(III) هیدروکسید را تولید می‌کنند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۸ عبارت‌های (آ) و (ت) نادرست هستند.

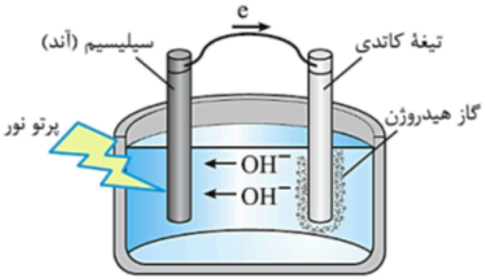
بررسی موارد:

آ: فلز طلا، یک فلز نجیب است. چون پتانسیل کاهشی نیم‌واکنش اکسایش طلا بزرگ‌تر(مثبت‌تر) از پتانسیل نیم‌واکنش کاهش اکسیژن است، این فلز با اکسیژن واکنش نداده و دچار خوردگی نمی‌شود. علاوه بر طلا، فلز پلاتین نیز یک فلز نجیب است که حتی در محیط‌های اسیدی نیز اکسایش نمی‌یابد. توجه داریم طلا از جمله عناصر فلزی بوده و رسانای الکتریکی بسیار بالایی دارد.

ب: فلز منیزیم مورد استفاده برای محافظت از لوله‌های آهنی انتقال نفت در برابر خوردگی، در مقایسه با فلز آهن قدرت کاهندگی بیشتری داشته و در مجاورت با هوای مرطوب، در واکنش اکسایش شرکت می‌کند. طی این فرایند، فلز منیزیم با گذشت زمان اکسایش یافته و مصرف می‌شود، اما فلز آهن در مقابل خوردگی محافظت می‌شود.

پ: پلاتین یک فلز نجیب(فلزی با پتانسیل کاهشی استاندارد بزرگ) بوده و چون به سادگی دچار خوردگی نمی‌شود، قطعات ساخته شده از آن را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به‌کار برد.

ت: تصویر زیر، نمایی از سلول نورالکتروشیمیایی استفاده شده برای تجزیه آب و تولید گاز هیدروژن را نشان می‌دهد:



نیم‌واکنش آندی: $Si(s)+2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s)+4H^+(aq)+4e^-$, $E^\circ=-0/84\ V$

نیم‌واکنش کاتدی: $4H_2O(l)+4e^- \rightarrow 2H_2(g)+4OH^-(aq)$, $E^\circ=-0/83\ V$

واکنش کلی: $Si(s)+2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s)+2H_2(g)$, $emf=0/01\ V$

در واکنش کلی انجام شده در این سلول، سیلیسیم به عنوان گونه کاهنده(گونه‌ای که اکسید می‌شود) و آب نیز به عنوان گونه اکسنده(گونه‌ای که کاهش پیدا می‌کند) مصرف می‌شوند. توجه داریم که واکنش این سلول با استفاده از یک منبع نور خارجی انجام می‌شود. در سلول‌های الکترولیتی همانند سلول استفاده شده برای انجام فرایند هال نیز یک واکنش شیمیایی با استفاده از یک مولد الکتریکی و در خلاف جهت طبیعی به پیش رانده می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹ ساختار ورقه‌های گالوانیزه به صورت زیر است:

Zn(s)
Fe(s)

نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در آهن گالوانیزه خراش دیده، به صورت زیر هستند:

نیم‌واکنش کاهش : $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$ نیم‌واکنش اکسایش : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

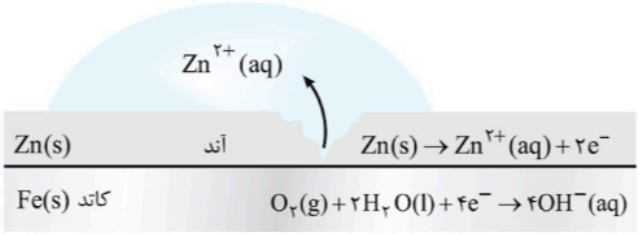
بر این اساس، همه عبارت‌های داده شده درست هستند.

بررسی موارد:

آ: اگر دو عنصر فلزی متصل به هم در شرایط مناسب برای اکسایش قرار بگیرند، بین آن‌ها برای از دست دادن الکترون رقابت شکل می‌گیرد. چون فلز روی در مقایسه با فلز آهن پتانسیل کاهشی منفی‌تری دارد، در ورقه گالوانیزه خراش دیده، فلز روی (Zn) اکسید می‌شود. توجه داریم که در آرایش الکترونی اتم این فلز، زیرلایه $3d$ پر است:

$$[_{30}Zn] = [_{18}Ar]\,3d^{10}4s^2$$

ب: در سلول‌های گالوانی، جهت حرکت الکترون‌ها از سمت آند به سمت کاتد است. در ورق گالوانیزه خراش دیده، الکترون‌های حاصل از اکسایش آند(فلز روی) به سطح کاتد (فلز آهن) منتقل می‌شوند و فلز آهن نیز در نهایت این الکترون‌ها را به گاز اکسیژن منتقل می‌کند. تصویر زیر، نمایی از ورق گالوانیزه خراشیده شده را نشان می‌دهد:



پ: از آنجا که اسیدهای موجود در مواد غذایی با فلز روی واکنش می‌دهند، از ورق گالوانیزه نمی‌توان در ساخت ظروف بسته‌بندی استفاده کرد. توجه داریم که اسیدهای ضعیف موجود در مواد غذایی با توجه به غلظت پایین خود، بر فلز قلع (Sn) موجود در حلبی اثر نمی‌کنند.

ت: در آهن گالوانیزه، قبل از ایجاد خراش، فلز روی از طریق حفاظت فیزیکی از خوردگی آهن جلوگیری می‌کند و پس از ایجاد خراش، آهن به واسطه حفاظت کاتدی خورده نمی‌شود.

تا قبل از ایجاد هر گونه خراشی در سطح آهن گالوانیزه(آهن سفید)، فلز روی به عنوان یک پوشش محافظ از خوردگی آهن جلوگیری می‌کند. توجه داریم که در این شرایط خود روی نیز به خاطر ایجادشدن یک لایه متراکم از $ZnO(s)$ در سطح آن، دچار خوردگی نمی‌شود. هنگامی که خراشی در سطح آهن گالوانیزه پدید می‌آید، هر دو فلز(روی و آهن) در مجاورت با اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند و برای از دست دادن الکترون (اکسایش‌یافتن) رقابت می‌کنند. از آن‌جا که E° فلز روی از E° آهن کم‌تر است، فلز روی در این رقابت پیروز شده و در نقش آند اکسید می‌شود و از آهن به عنوان یک محافظ کاتدی در مقابل خورده‌شدن محافظت می‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۰ در هر مول کربن دی‌اکسید(CO_2)، یک مول اتم کربن و دو مول اتم اکسیژن وجود دارد؛ لذا تفاوت شمار مول اتم‌های این دو عنصر در هر مول کربن دی‌اکسید برابر با ۱ مول است. از آنجا که هر مول اتم معادل $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ اتم است، تعداد مول کربن دی‌اکسید را در نمونه‌ای که تفاوت شمار مول اتم‌های اکسیژن و کربن موجود در آن برابر با $۹/۰۳ \times ۱۰^{۲۴}$ است، بدست می‌آوریم. در این رابطه، داریم:

$$?\,mol\,CO_2 = ۹/۰۳ \times ۱۰^{۲۴}\ \text{تفاوت شمار اتم‌ها} \times \frac{\text{تفاوت شمار مول‌ها } ۱}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ \text{تفاوت شمار اتم‌ها}} \times \frac{۱\,mol\,CO_2}{\text{تفاوت شمار مول‌ها } ۱} = ۱۵\,mol$$

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

$$۲Al_۲O_۳(s) + ۳C(s) \longrightarrow ۴Al(l) + ۳CO_۲(g)$$

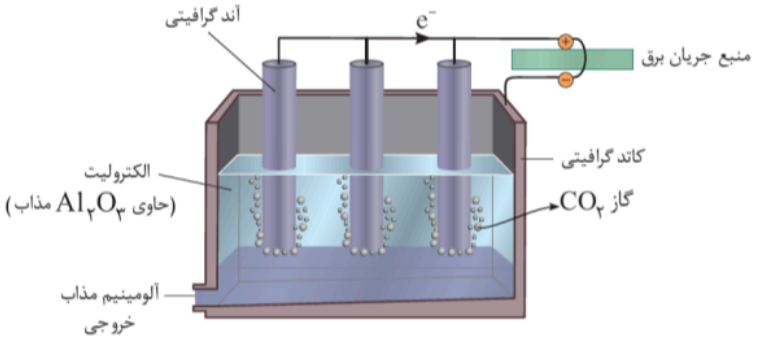
با توجه به معادله موازنه‌شده، مقدار کربن مصرف‌شده را بدست می‌آوریم:

$$?\,g\,C = ۱۵\,mol\,CO_۲ \times \frac{۳\,mol\,C}{۳\,mol\,CO_۲} \times \frac{۱۲\,g\,C}{۱\,mol\,C} = ۱۸۰g$$

حال با توجه به اینکه درصد جرمی آلومینیم در آلیاژ تولید شده برابر با ۷۵ درصد است، مقدار آلیاژ قابل تهیه را به ازای تولید ۱۵ مول CO_2 در فرایند هال محاسبه می‌کنیم. در این رابطه، داریم:

$$?\,g\ \text{آلیاژ} = ۱۵\,mol\,CO_۲ \times \frac{۴\,mol\,Al}{۳\,mol\,CO_۲} \times \frac{۲۷\,g\,Al}{۱\,mol\,Al} \times \frac{۱۰۰\,g\ \text{آلیاژ}}{۷۵\,g\,Al} = ۷۲۰\,g$$

پس طی این فرایند ۱۸۰ گرم کربن مصرف شده و ۷۲۰ گرم آلیاژ فلزی که درصد جرمی آلومینیم در آن برابر با ۷۵٪ باشد را می‌توان تهیه کرد. تصویر زیر، نمایی از سلول استفاده‌شده برای انجام فرایند هال را نشان می‌دهد:



در فرایند هال، گرافیت به‌کاررفته در کاتد در واکنش شرکت نمی‌کند در حالی که گرافیت به‌کاررفته در تیغه‌های آند، با اکسیژن واکنش داده و به مرور زمان مصرف می‌شود. در این فرایند، همانند سایر سلول‌های الکترولیتی، کاتیون‌ها به سمت کاتد(دیواره‌های ظرف) و آنیون‌ها نیز به سمت آند(تیغه‌های موجود در بالای ظرف) حرکت می‌کنند. الکترون‌های موجود در مدار خارجی نیز از سمت آند به سمت کاتد حرکت می‌کنند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۱ در فرایند هال، بدنه گرافیتی ظرف در نقش کاتد بوده و تیغه‌های گرافیتی قرار گرفته در محلول الکترولیت نیز در نقش آند هستند. در این فرایند، نیم‌واکنش زیر در مجاورت با آند انجام می‌شود:

$$۲O^{۲-}(l) \rightarrow O_۲(g) + ۴e^-$$

گاز اکسیژن تولید شده در نیم‌واکنش آندی، با گرافیت موجود در آند بر اساس معادله زیر واکنش می‌دهد:

$$C\left(s, \text{گرافیت}\right) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g)$$

همانطور که مشخص است، در این سلول تیغه آندی به عنوان واکنش‌دهنده مصرف می‌شود و به مرور زمان از جرم آن کاسته می‌شود در حالی که بدنه گرافیتی ظرف در واکنش شرکت نکرده و بدون تغییر باقی می‌ماند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲ پوشاندن سطح یک فلز با لایهٔ نازکی از یک فلز ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی به کمک سلول الکترولیتی را آبکاری می‌گویند. در این فرایند، جسمی که روکش فلزی روی آن ایجاد می‌شود باید حتماً رسانای جریان برق باشد. بر این اساس، می‌توان گفت اجسام نارسانا را نمی توان آبکاری کرد. در فرآیند آبکاری، جسم موردنظر را در موقعیت کاتد و فلزی که قرار است لایهٔ نازکی از آن بر روی جسم قرار بگیرد را به عنوان آند قرار می‌دهند.

در فرایند آبکاری، جسم مورد نظر را به عنوان کاتد سلول الکترولیتی قرار می‌دهند(آن را به قطب منفی باتری وصل می‌کنند) و فلزی که قرار است روی جسم مورد نظر بنشیند(فلز پوشاننده) را به عنوان آند سلول الکترولیتی قرار می‌دهند(آن را به قطب مثبت باتری وصل می‌کنند). در چنین شرایطی، الکترولیت مورد استفاده برای آبکاری باید دارای یون‌های فلز پوشاننده باشد.

۳ فلز حاصل از فرایند هال، آلومینیم مذاب است. چون آلومینیم مذاب نسبت به الکترولیت موجود در سلول هال چگالی بیشتری دارد، در کف ظرف ته‌نشین شده و از مجرای پایین ظرف خارج می‌شود. عدد اتمی فلز آلومینیم برابر با ۱۳ بوده و در آرایش الکترونی هر اتم از این عنصر، ۴ زیرلایه پر از الکترون(زیرلایه‌های $۱s$، $۲s$، $۲p$ و $۳s$) وجود دارد.

۴ تولید مواد جدید، یکی از قلمروهای دانش الکتروشیمی است که در آن فرایندهای آبکاری و برقکافت استفاده می‌شود. نمودار زیر، قلمروهای کلی دانش الکتروشیمی را نشان می‌دهد:



(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۲ در هر گزینه گونه کاهنده‌تر را مشخص می‌کنیم. اگر واکنش به صورت زیر بود، آن واکنش انجام‌پذیر است:

فلز دیگر + یون فلز کاهنده‌تر ← یون فلز دیگر + فلز کاهنده‌تر

سری الکتروشیمیایی:

یکی از کاربردهای سری الکتروشیمیایی، بررسی انجام‌پذیر بودن یا نبودن واکنش‌های مختلف است. برای مثال، با واردکردن یک تیغه از جنس آلومینیم به محلولی از مس(II) سولفات، اتم‌های آلومینیم شروع به اکسیدشدن کرده و طی یک واکنش گرماده با محلول موردنظر واکنش می‌دهند. با انجام‌شدن این واکنش، اتم‌های آلومینیم به شکل یون‌های Al^{3+} وارد محلول شده و دمای محلول نیز افزایش پیدا می‌کند. این در حالی است که با واردکردن یک تیغه از جنس طلا به محلولی از مس(II) سولفات، هیچ واکنشی انجام نشده و دمای محلول نیز تغییری نمی‌کند. علاوه بر آزمایش تجربی، به کمک E° گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش نیز می‌توان انجام‌پذیر بودن یا نبودن یک واکنش را پیش‌بینی کرد. برای این منظور، کافی است گونه‌های اکسنده(گونه‌ای که کاهش می‌یابد) و کاهنده (گونه‌ای که اکسایش می‌یابد) را در واکنش موردنظر مشخص کنیم و پس از آن، مقدار E° واکنش را براساس رابطه زیر محاسبه کنیم:

$$E^\circ \text{ واکنش} = E^\circ(\text{گونه اکسنده}) - E^\circ(\text{گونه کاهنده})$$

اگر مقدار E° واکنش عددی مثبت شد، آن واکنش انجام‌پذیر بوده و در شرایط طبیعی انجام می‌شود، در حالی که اگر E° واکنش عددی منفی شد، آن واکنش انجام‌پذیر نیست.

بررسی گزینه‌ها:

۱) مقایسه قدرت کاهندگی فلزها به صورت $Ag < Fe$ است، بنابراین این واکنش انجام نمی‌شود. در این رابطه، داریم:

$Ag(s) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow$ انجام نمی‌شود

۲) مقایسه قدرت کاهندگی فلزها به صورت $Fe < Zn$ است، بنابراین این واکنش انجام نمی‌شود. در این رابطه، داریم:

$Fe(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow$ انجام نمی‌شود

۳) فلزاتی با پتانسیل کاهشی مثبت مثل مس، نقره، طلا و پلاتین با اسیدها واکنش نمی‌دهند.

۴) مقایسه قدرت کاهندگی فلزها به صورت $Ag < Sn$ است. در واقع، قلع دارای پتانسیل کاهشی استاندارد منفی و نقره دارای پتانسیل کاهشی استاندارد مثبت است. به همین خاطر، این واکنش انجام‌پذیر است. در این رابطه، داریم:

$$Sn(s) + 2Ag^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۳ با توجه به نمودار داده شده، کاتیون B^{2+} در حال مصرف شدن است. بر این اساس، می‌توان گفت یون‌های B^{2+} و A^{2+} به ترتیب در سمت چپ و راست واکنش کلی سلول قرار دارند و ضرایب استوکیومتری آن‌ها نیز یکسان است. بر این اساس، واکنش کلی سلول به صورت زیر است:

$$B^{2+}(aq) + A(s) \rightarrow A^{2+}(aq) + B(s)$$

در رابطه با این سلول، عبارت‌های (آ) و (پ) نادرست هستند.

بررسی موارد:

آ: در این سلول، تیغه فلزی A آند و تیغه فلزی B کاتد است و بار کاتیون‌های آن‌ها ۲+ است. در سلول مس–نقره، فلز مس در نقش آند و فلز نقره در نقش کاتد است و بار کاتیون‌های آن‌ها به ترتیب برابر با ۲+ و ۱+ است.

ب: جهت حرکت آنیون‌ها از سمت نیم سلول کاتدی(نیم سلول B) به سمت نیم سلول آندی(نیم سلول A) است.

پ: فرض کنید که غلظت اولیه کاتیون‌های A^{2+} و B^{2+} به ترتیب n و m باشد. بر این اساس، داریم:

واکنش کلی سلول گالوانی	:	$B^{2+}(aq) + A(s) \rightarrow B(s) + A^{2+}(aq)$	
غلظت اولیه یون‌ها	:	m	n
غلظت یون‌ها پس از انجام واکنش	:	$m - x$	$n + x$

بنابراین مجموع غلظت کاتیون‌ها در ابتدا و انتهای واکنش سلول ثابت و برابر با $m + n$ است.

ت: در واکنش کلی سلول، کاتیون B^{2+} کاهش یافته و اتم A اکسایش می‌یابد. بنابراین قدرت اکسندگی کاتیون‌های A^{2+} کمتر از قدرت اکسندگی کاتیون‌های B^{2+} است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۴ ابتدا واکنش کلی سلول و نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی تشکیل‌دهندهٔ آن را می‌نویسیم:

نیم‌واکنش آندی : $Al(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^-$

نیم‌واکنش کاتدی : $Fe^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Fe(s)$

واکنش کلی سلول : $3Fe^{2+}(aq) + 2Al(s) \longrightarrow 3Fe(s) + 2Al^{3+}(aq)$

در این واکنش شیمیایی، به ازای مبادله ۶ مول الکترون بین گونه اکسنده(یون Fe^{2+}) و کاهنده(فلز Al)، مقدار ۲ مول یون آلومینیم تولید شده و ۳ مول یون آهن مصرف می‌شود. ابتدا شمار مول الکترون مبادله‌شده را حساب می‌کنیم:

$$\text{شمار مول الکترون مبادله‌شده} = 3/612 \times 10^{23}\ e^- \times \frac{1\ mol\ e^-}{6/02 \times 10^{23} e^-} = 0/6\ mol$$

بنابراین مقدار یون Al^{3+} تولیدشده در نیم‌سلول آندی و مقدار یون Fe^{2+} مصرف‌شده در نیم سلول کاتدی برابر است با:

$$?\,mol\ Al^{3+} = 0/6\ \text{mol}\ e^- \times \frac{2\ mol\ Al^{3+}}{6\ mol\ e^-} = 0/2\ mol$$

$$?\,mol\ Fe^{2+} = 0/6\ \text{mol}\ e^- \times \frac{3\ mol\ Fe^{2+}}{6\ mol\ e^-} = 0/3\ mol$$

در ابتدای فرایند، غلظت محلول موجود در نیم‌سلول کاتدی و آندی برابر با ۱ مولار است و همچنین می‌دانیم حجم هر محلول نیز برابر با ۲ لیتر است، در نتیجه مقدار مول اولیه یون آلومینیم و آهن در هر یک از این محلول‌ها برابر با ۲ مول بوده است. با توجه به اینکه در ابتدا ۲ مول یون Al^{3+} و Fe^{2+} در محلول وجود داشته و ۰/۲ مول یون Al^{3+} دیگر تولید شده، بنابراین مقدار مول یون آلومینیم در پایان این فرایند برابر با ۲/۲ مول است. همچنین مقدار ۰/۳ مول یون Fe^{2+} از محلول موجود در نیم‌سلول کاتدی مصرف شده و مقدار مول یون آهن در پایان این فرایند به ۱/۷ مول می‌رسد. اکنون غلظت مولی این دو کاتیون در محلول‌های آندی و کاتدی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول}}{\text{حجم}(L)} \Longrightarrow \begin{cases} M(Al^{3+}) = \frac{2/2}{2} = 1/1\ mol.L^{-1} \\ M(Fe^{2+}) = \frac{1/7}{2} = 0/85\ mol.L^{-1} \end{cases}$$

با توجه به محاسبات بالا، نتیجه می‌گیریم که تفاوت غلظت کاتیون در دو محلول در پایان این فرایند برابر با ۰/۲۵ مول بر لیتر خواهد شد.

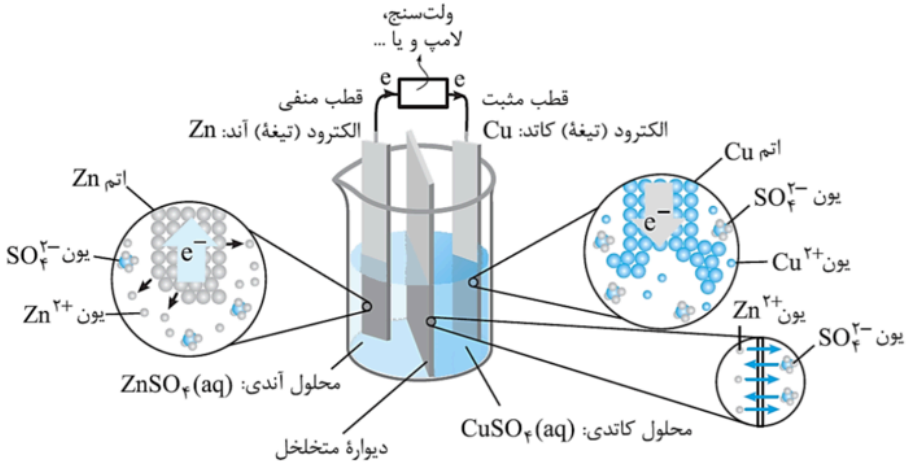
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۵ واکنش انجام شده در سلول گالوانی روی-نقره به صورت $Zn(s) + ۲Ag^+(aq) \rightarrow Zn^{۲+}(aq) + ۲Ag(s)$ است. در این سلول گالوانی، تیغه روی در نقش آند(قطب منفی) و تیغه نقره در نقش کاتد(قطب مثبت) است. با کارکرد این سلول، یون‌های روی تولید شده در سمت آند وارد محلول الکترولیت شده و غلظت این یون در محلول افزایش پیدا می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

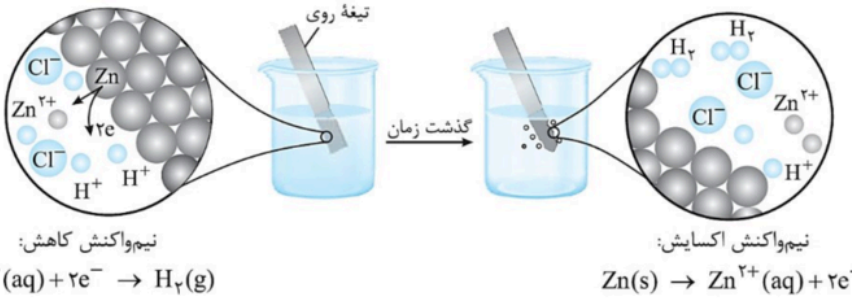
۱) در سلول روی-مس، نیم‌سلول روی در نقش آند بوده و می‌دانیم که در سلول‌های گالوانی و الکترولیتی، آنیون‌ها به سمت تیغه آندی حرکت می‌کنند. بر این اساس، می‌توان گفت در سلول مورد نظر آنیون‌های موجود در الکترولیت از خلال دیواره متخلخل به سمت نیم‌سلول روی مهاجرت می‌کنند. تصویر زیر، نمایی از سلول گالوانی روی-مس را نشان می‌دهد:



واکنش انجام‌شده در سلول گالوانی روی-مس، مشابه همان واکنشی است که با واردکردن تیغه‌ای از جنس فلز روی به محلول دارای یون‌های مس(II) انجام می‌شود. تنها تفاوت فرایندهای انجام‌شده در آن است که به کمک سلول گالوانی، واکنش موردنظر در یک شرایط کنترل‌شده انجام می‌شود و از جریان الکتریکی ایجادشده در آن می‌توانیم به عنوان منبع تولید الکتریسیته استفاده کنیم.

۲) اگر یون $Al^{۳+}$ اکسنده‌تر از $Mg^{۲+}$ باشد، می‌توان گفت پتانسیل کاهشی استاندارد فلز آلومینیم، بیشتر(مثبت‌تر) از پتانسیل کاهشی استاندارد فلز منیزیم می‌شود. در چنین شرایطی، با قرار دادن یک قطعه فلز آلومینیم در محلولی از منیزیم کلرید، هیچ واکنشی انجام نشده و دمای محلول هیچ تغییری نمی‌کند.

۴) معادله واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید به صورت زیر است:



نیم‌واکنش کاهش:
$۲H^+(aq) + ۲e^- \rightarrow H_۲(g)$

نیم‌واکنش اکسایش:
$Zn(s) \rightarrow Zn^{۲+}(aq) + ۲e^-$

گونه کاهنده(گونه‌ای که الکترون از دست داده و اکسید می‌شود) مصرف شده در این واکنش شیمیایی، فلز روی است، پس می‌توان گفت کاتیون روی، فراورده نیم‌واکنش اکسایش خواهد بود. چون یون روی بار الکتریکی مثبت دارد، با وارد شدن به محلول، توسط سر منفی مولکول‌های آب(اتم اکسیژن مولکول‌های آب) احاطه می‌شود.

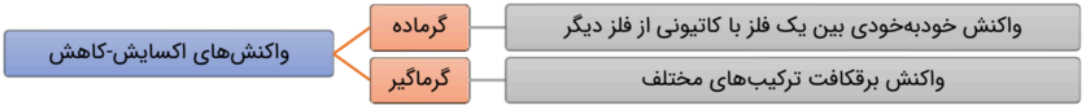
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۶ عبارت‌های (ب) و (ث) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در همه واکنش‌های اکسایش-کاهش، بین گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش الکترون مبادله می‌شود، اما توجه داریم که در همه این واکنش‌های شیمیایی الزاما انرژی آزاد نمی‌شود. برای مثال، در برخی از واکنش‌های اکسایش-کاهش از جمله واکنش مربوط به برقکافت ترکیب‌های مختلف، انرژی مصرف شده و فراورده‌هایی با سطح انرژی بالاتر و پایداری کمتر تولید می‌شوند. بر این اساس، می‌توان واکنش‌های اکسایش-کاهش را با توجه به مدل مبادله گرما در آن‌ها در دو دسته زیر قرار داد:



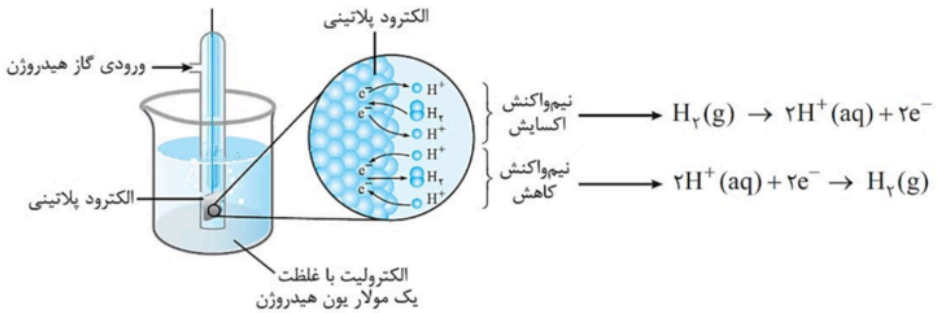
ب: اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول به طور جداگانه ممکن نبوده و باید این کمیت به طور نسبی اندازه‌گیری شود. شیمی‌دان‌ها برای دستیابی به این هدف، نیم‌سلول استاندارد هیدروژن(SHE) را به عنوان مبنا انتخاب کرده و پتانسیل آن را به طور قراردادی برابر با صفر ولت در نظر گرفتند. در این نیم‌سلول، محلولی با $pH = ۰$(محلولی که غلظت مولی یون هیدروژن در آن برابر با ۱ مول بر لیتر است) قرار داشته و گاز هیدروژن با فشار ۱ اتمسفر بر روی این محلول دمیده می‌شود. شیمی‌دان‌ها با تشکیل سلول گالوانی از هر نیم‌سلول با نیم‌سلول استاندارد هیدروژن، توانستند پتانسیل الکتریکی بسیاری از نیم‌سلول‌ها را اندازه‌گیری کرده و در جدولی به نام سری الکتروشیمیایی ثبت کنند.

پ: در نیم‌واکنش کاهش، الکترون در سمت چپ(واکنش‌دهنده‌ها) و در نیم‌واکنش اکسایش، الکترون در سمت راست(فراورده‌ها) قرار دارد. در واکنش‌های اکسایش-کاهش، ماده‌ای که با گرفتن الکترون کاهش پیدا کرده و سبب اکسایش گونه دیگر می‌شود، اکسنده نام دارد. در این واکنش‌ها، ماده‌ای که با از دست دادن الکترون اکسایش پیدا کرده و سبب کاهش گونه دیگر می‌شود، کاهنده نام دارد. فلز آهن دارای ۸ الکترون با $l = ۰$(الکترون‌های موجود در زیرلایه s) بوده و فلز مس نیز دارای ۷ الکترون با $l = ۰$ است. از طرفی، می‌دانیم که پتانسیل کاهشی استاندارد فلز مس بیشتر از آهن است و به همین خاطر، قدرت کاهندگی(تمایل به از دست دادن الکترون و اکسید شدن) مس کمتر از آهن خواهد بود. تصویر زیر، نمایی از جدول پتانسیل کاهشی و برخی از عناصر مهم موجود در آن را نشان می‌دهد:

نیم‌واکنش کاهش			E° (V)
گونهٔ اکسنده	الکترون	گونهٔ کاهنده	ولتاژ
$Au^{۳+}(aq)$	$+۳e^- \rightarrow$	$Au(s)$	+۱/۵۰
$Pt^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Pt(s)$	+۱/۲۰
$Ag^+(aq)$	$+e^- \rightarrow$	$Ag(s)$	+۰/۸۰
$Cu^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Cu(s)$	+۰/۳۴
$۲H^+(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$H_۲(g)$	۰/۰۰
$Fe^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Fe(s)$	−۰/۴۴
$Zn^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Zn(s)$	−۰/۷۶
$Mn^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Mn(s)$	−۱/۱۸
$Al^{۳+}(aq)$	$+۳e^- \rightarrow$	$Al(s)$	−۱/۶۶
$Mg^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Mg(s)$	−۲/۳۷

اکسندهٔ قوی‌تر ↑ — کاهندهٔ قوی‌تر ↓

ت: تصویر زیر نمایی از نیم‌سلول استاندارد هیدروژن را نشان می‌دهد:



اگر روی کاهنده‌تر از هیدروژن باشد، پتانسیل کاهشی این عنصر کمتر از پتانسیل کاهشی هیدروژن می‌شود. در یک سلول گالوانی نیز الکترودی که پتانسیل کاهشی کمتری داشته باشد، در نقش آند(قطب منفی) قرار می‌گیرد.

ث: در هر دو مورد واکنش مقابل انجام می‌شود:

$$Zn(s) + Cu^{۲+}(aq) \rightarrow Zn^{۲+}(aq) + Cu(s)$$

توجه داریم که واکنش در سلول گالوانی در شرایط کاملاً کنترل شده صورت می‌گیرد و الکترون‌های تولید شده از طریق مدار بیرونی جابه‌جا می‌شوند و ما می‌توانیم از این جریان الکتریکی ایجاد شده به عنوان منبع

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۷ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: برای محاسبه‌ی مقدار emf سلول‌های گالوانی از رابطه‌ی مقابل استفاده می‌شود:

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

با توجه به این رابطه، در صورت افزایش E° عنصر به کار رفته در آند، تفاوت میان E° الکترودهای آندی و کاتدی کاهش پیدا کرده و به دنبال آن، مقدار emf سلول حاصل نیز کاهش پیدا می‌کند.

ب: یکی از دلایل استفاده از لیتیم در ساختن انواع باتری‌ها، چگالی کمتر این عنصر در مقایسه با سایر فلزها است. علاوه بر این، لیتیم پتانسیل کاهشی استاندارد(E°) کوچک‌تری نسبت به سایر فلزات دارد و از این ویژگی لیتیم برای ساختن باتری‌هایی با توانایی ذخیره‌ی بیشتر انرژی استفاده می‌شود.

پ: پسماندهای الکترونیکی به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی بوده و نباید در طبیعت رها یا دفن شوند؛ زیرا با رها شدن این مواد در طبیعت، محیط زیست آلوده می‌شود. 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 به شمار می‌روند.

ت: در سری الکتروشیمیایی طبق قرارداد، نیم‌واکنش‌ها به صورت کاهشی نوشته می‌شوند؛ در نتیجه در این جدول گونه اکسنده در سمت واکنش‌دهنده‌ها(سمت چپ معادله) و گونه کاهنده در سمت فراورده‌ها(سمت راست معادله) نوشته می‌شود. هرچه پتانسیل کاهشی گونه‌ای منفی‌تر باشد، گونه سمت راست معادله کاهشی آن، کاهنده قوی‌تری خواهد بود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۸ فرمول شیمیایی کلی ترکیب هیدروکربنی(ترکیبی که از اتصال اتم‌های هیدروژن و کربن به یکدیگر تشکیل شده باشد) که در ساختار خود دارای یک حلقه کربنی و یک پیوند دوگانه کربن-کربن باشد، به صورت C_nH_{2n-2} می‌شود. معادله واکنش کلی هیدروژن‌دار شدن این ترکیب آلی به صورت زیر است:

$$C_nH_{2n-2} + H_2 \longrightarrow C_nH_{2n}$$

طی این فرایند، ترکیب اولیه به یک سیکلوآلکان شاخه‌دار تبدیل می‌شود. با توجه به معادله این واکنش، داریم:

$$\begin{cases} -2n+2 : \text{مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در ماده اولیه} \\ -2n : \text{مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در سیکلوآلکان} \end{cases} \Rightarrow \frac{-2n}{-2n+2} = 1/1 \Rightarrow n = 11$$

بنابراین تعداد اتم‌های کربن موجود در ساختار مولکولی ترکیب اولیه برابر با ۱۱ بوده و فرمول مولکولی آن نیز معادل با $C_{11}H_2$. است. درنتیجه فرمول مولکولی سیکلوآلکان تولیدشده طی واکنش هیدروژن‌دار شدن، به صورت $C_{11}H_{22}$ خواهد بود. معادله موازنه‌شده سوختن یک هیدروکربن با فرمول مولکولی $C_{11}H_{22}$، به صورت زیر است:

$$2C_{11}H_{22}(l) + 33O_2(g) \rightarrow 22CO_2(g) + 22H_2O(l)$$

می‌دانیم هر مول گاز در شرایط استاندارد(STP)، حجمی معادل ۲۲/۴ لیتر داشته و H_2O تولید شده در این واکنش نیز در شرایط مورد نظر حالت مایع خواهد داشت. بنابراین مقدار گاز تولیدشده به ازای سوختن ۷۷ گرم ترکیب $C_{11}H_{22}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\,CO_2 = 77\,g\,C_{11}H_{22} \times \frac{1\,mol\,C_{11}H_{22}}{154\,g\,C_{11}H_{22}} \times \frac{22\,mol\,CO_2}{2\,mol\,C_{11}H_{22}} \times \frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = 123/2\,L$$

با توجه به محاسبات بالا، نتیجه می‌گیریم که با سوزاندن ۷۷ گرم از ترکیب تولیدشده، ۱۲۳/۲ لیتر فراورده‌ی گازی(کربن دی‌اکسید) تولید می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۹ فرمول مولکولی پروپن به صورت C_3H_6 است. در مولکول‌های این ماده، هر اتم کربن حداقل به یک اتم هیدروژن متصل است؛ پس عدد اکسایش همه اتم‌های کربن موجود در این مولکول منفی می‌شود. ساختار پروپن به صورت زیر است:

$$CH_3-CH=CH_2$$

عدد اکسایش اتم‌های کربن موجود در این ترکیب آلی به ترتیب برابر با ۲-، ۱- و ۳- است. در ساختار K_2SO_3 نیز یون‌های K^+ و SO_3^{2-} وجود دارند. در رابطه با آنیون سازنده این ترکیب، داریم:

$$SO_3^{2-}: \text{عدد اکسایش } S + 3\times(\text{عدد اکسایش } O) = -2 \Longrightarrow \text{عدد اکسایش } S + 3\times(-2) = -2 \Longrightarrow \text{عدد اکسایش } S = +4$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ عدد اکسایش کروم را در $MgCrO_3$ و Si را در $NaAlSi_2O_6$ بدست می‌آوریم:

$$MgCrO_3 \rightarrow (+2) + Cr + 3\times(-2) = 0 \Longrightarrow Cr = +4$$

$$NaAlSi_2O_6: (+1) + (+3) + 2Si + 6(-2) = 0 \Longrightarrow 2Si = 8 \Longrightarrow Si = +4$$

۳ با وجود پیشرفت‌های ایجادشده در زمینه‌ی تأمین انرژی، سوخت‌های فسیلی همچنان مناسب‌ترین سوخت برای استفاده در خودروها و نیروگاه‌ها به شمار می‌روند. در رابطه با مصرف این سوخت‌ها، دو چالش عمده‌ی زیر وجود دارد:

✓ استخراج و مصرف بی‌رویهٔ این سوخت‌ها سبب کاهش ذخایر آن‌ها شده است.

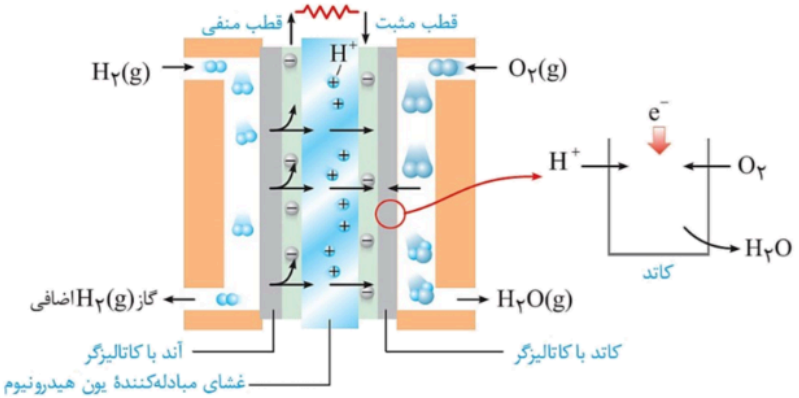
✓ افزایش استفاده از این سوخت‌ها سبب گسترش روزافزون آلودگی جهان و افزایش مقدار گازهای گلخانه‌ای شده است.

یکی از روش‌های تبدیل انرژی شیمیایی سوخت‌ها به انرژی الکتریکی، استفاده از سلول‌های سوختی است. در این روش، سوخت موردنظر به طور مستقیم وارد سلول‌های سوختی شده و انرژی شیمیایی ذخیره‌شده در آن، مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. از آن‌جا که در سلول‌های سوختی، انرژی شیمیایی سوخت‌ها به طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل شده و برخلاف نیروگاه‌ها، در این روش چند مرحله متوالی از تبدیل انرژی صورت نمی‌گیرد، اتلاف انرژی به صورت گرما در این روش کمتر است و درصد بیشتری از انرژی شیمیایی ذخیره‌شده در سوخت به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. مراحل تبدیل انرژی در سلول سوختی و نیروگاه‌های حرارتی به شرح زیر است:



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 افزون بر کارایی بیشتر، می‌توانند ردپای کربن دی‌اکسید را کاهش بدهند. 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.

۴ نیم‌واکنش کاهش در سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن به صورت $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow H_2O(l)$ بوده و بخارآب از سمت کاتد(قطب مثبت این سلول) خارج می‌شود. تصویر زیر، نمایی از این سلول را نشان می‌دهد:



(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

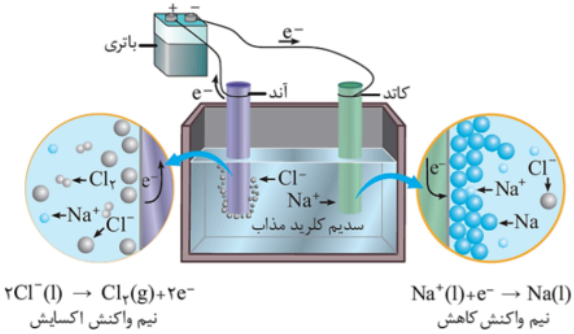
۴۰ فقط عبارت (آ) درست است.

بررسی موارد:

آ: در نیم‌واکنش کاهش در سلول برقکافت سدیم کلرید مذاب، فلز سدیم مذاب تولید می‌شود. معادله نیم‌واکنش انجام شده به صورت زیر است:

نیم واکنش کاهش : $Na^+(l) + e^- \rightarrow Na(l)$

تصویر زیر، نمایی از سلول الکترولیتی استفاده شده برای برقکافت سدیم کلرید را نشان می‌دهد:

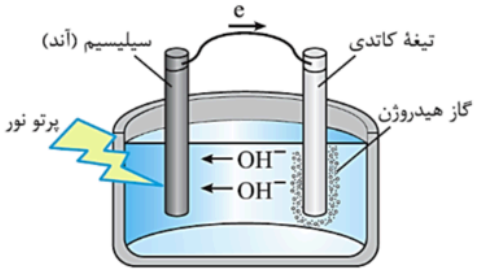


ب: در سلول مربوط به برقکافت آب، واکنش زیر انجام می‌شود:

$$2H_2O(l) \xrightarrow{\text{fe}} 2H_2(g) + O_2(g)$$

در کاتد این سلول گاز هیدروژن و در آند آن گاز اکسیژن تولید می‌شود. چون ضریب هیدروژن در معادله این واکنش ۲ برابر ضریب اکسیژن است، پس می‌توان گفت حجم گاز تولید شده در کاتد این سلول، حدودا ۲ برابر حجم گاز تولید شده در آند است. از طرفی، چون جرم مولی گاز اکسیژن ۱۶ برابر جرم مولی گاز هیدروژن است، پس می‌توان گفت در شرایط یکسان چگالی گاز تولید شده در سمت آند این سلول(گاز اکسیژن)، ۱۶ برابر چگالی گاز تولید شده در سمت کاتد(گاز هیدروژن) آن است.

پ: تصویر زیر، نمایی از سلول نورالکتروشیمیایی استفاده شده برای تجزیه آب را نشان می‌دهد:



نیم‌واکنش آندی: $Si(s) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 4H^+(aq) + 4e^- \;,\; E^\circ = -0/84\ V$

نیم‌واکنش کاتدی: $4H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 2H_2(g) + 4OH^-(aq) \;,\; E^\circ = -0/83\ V$

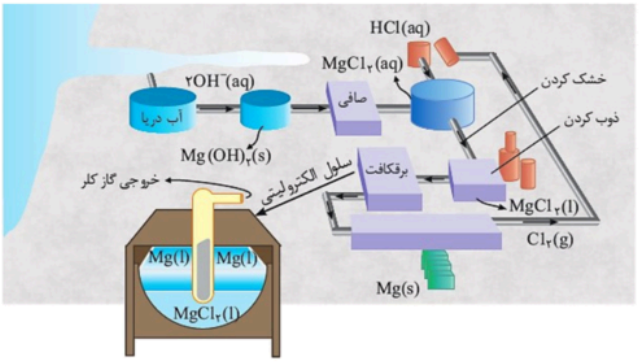
واکنش کلی : $Si(s) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 2H_2(g) \quad , \quad emf = 0/01\ V$

در واکنش کلی انجام شده در این سلول، سیلیسیم به عنوان گونه کاهنده(گونه‌ای که اکسید می‌شود) و آب نیز به عنوان گونه اکسنده(گونه‌ای که کاهش پیدا می‌کند) مصرف می‌شوند.

برای محاسبه emf این سلول از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = (-0/83) - (-0/84) = 0/01\ V$$

ت: تصویر زیر، مراحل استخراج فلز منیزیم از آب دریا را نشان می‌دهد:



مطابق تصویر بالا، در مراحل استخراج فلز منیزیم از دریا، محلول هیدروکلریک اسید(HCl) را پس از صاف کردن رسوب منیزیم هیدروکسید به منظور حذف ناخالصی‌ها، به آن اضافه می‌کنند.

(مار ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۱ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

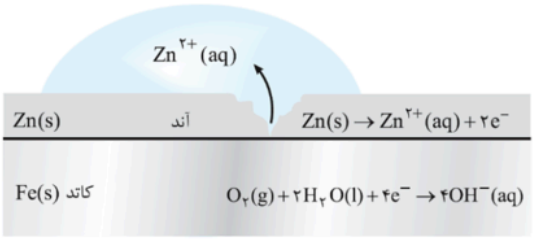
آ: یکی از روش‌های جلوگیری از خوردگی آهن، استفاده از روش محافظت کاتدی است. در این روش، فلزی که قرار است در برابر خوردگی محافظت شود را در تماس با یک فلز دیگری قرار می‌دهند که E° کوچک‌تر و تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون داشته باشد. در این شرایط، فلزهای موردنظر برای از دست دادن الکترون و اکسایش‌یافتن 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. اما فلزی که E° بزرگ‌تری دارد در نقش کاتد ظاهر شده و در برابر خوردگی محافظت می‌شود. توجه داریم که پتانسیل کاهشی مس بیشتر از پتانسیل کاهشی آهن است و از این فلز نمی‌توان برای جلوگیری از خوردگی آهن استفاده کرد.

ب: در ورق گالوانیزۀ(ورقه‌ای از آهن که سطح آن با روی پوشانده شده است) خراش دیده، فلز روی و در خوردگی آهن، فلز آهن اکسید می‌شود:

نیم واکنش اکسایش در ورق گالوانیزۀ خراش دیده : $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

نیم واکنش اکسایش در خوردگی آهن : $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

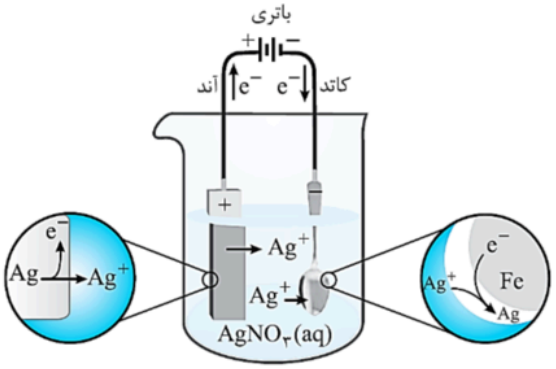
در تصویر زیر، فرایند خوردگی ورقه گالوانیزه نشان داده شده است:



تا قبل از ایجاد هر گونه خراشی در سطح آهن گالوانیزه، فلز روی به عنوان یک پوشش محافظ از خوردگی آهن جلوگیری می‌کند. توجه داریم که در این شرایط، خود روی نیز به خاطر ایجادشدن یک لایه متراکم از $ZnO(s)$ در سطح آن، دچار خوردگی نمی‌شود. هنگامی که خراشی در سطح آهن گالوانیزه پدید می‌آید، هر دو فلز(روی و آهن) در مجاورت با اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند و برای از دست دادن الکترون(اکسایش‌یافتن) رقابت می‌کنند. از آن‌جا که E° فلز روی از E° آهن کم‌تر(منفی‌تر) است، فلز روی در این رقابت پیروز شده و در نقش آند اکسید می‌شود و از آهن به عنوان یک محافظ کاتدی در مقابل خورده‌شدن محافظت می‌کند.

پ: از فلزهایی که اکسایش می‌یابند اما خورده نمی‌شوند، می‌توان برای ساخت وسایلی که برای مدت طولانی استحکام خود را حفظ می‌کنند استفاده کرد. آلومینیم(دومین عنصر موجود در گروه شماره ۱۳ جدول دوره‌ای)، یکی از همین عناصر فلزی است. این فلز در مجاورت با هوا، به سرعت اکسید شده و یک لایه متراکم از آلومینیم اکسید(Al_2O_3) بر روی سطح آن تشکیل می‌شود. این لایه از آلومینیم اکسید بسیار متراکم بوده و از رسیدن گاز اکسیژن و رطوبت به لایه‌های زیرین آلومینیم جلوگیری می‌کند. با نرسیدن اکسیژن به لایه‌های زیرین آلومینیم، این فلز برای مدت طولانی دست نخورده باقی می‌ماند و استحکام خود را حفظ می‌کند.

ت: در سلول گالوانی روی-نقره، تیغه روی در نقش آند و تیغه نقره در نقش کاتد بوده و به همین خاطر، آنیون‌های موجود در الکترولیت به سمت تیغه روی حرکت می‌کنند. برخلاف این سلول، در سلول مربوط به آبکاری تیغه نقره در نقش آند بوده و آنیون‌های موجود در محلول الکترولیت به سمت آن حرکت می‌کنند. تصویر زیر، نمایی از سلول آبکاری را نشان می‌دهد:



(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud

۴۲ چون پتانسیل کاهشی کروم بیشتر است، یون‌های این ماده کاهش یافته و یون‌های Ce^{3+} نیز اکسید می‌شوند. در این فرایند، اتم کروم به عنوان فراورده تولید می‌شود. معادله این واکنش به صورت زیر است:

$$Cr^{3+} + 3Ce^{3+} \rightarrow Cr + 3Ce^{4+}$$

با توجه به معادله این واکنش، یون Ce^{3+} الکترون از دست داده است. در رابطه با این واکنش، داریم:

$$emf = E^{\circ}\left(\text{کاتد}\right) - E^{\circ}\left(\text{آند}\right) = (-0/78) - (-1/72) = 0/94\ V$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) کاتیون $Ce^{3+}(aq)$ در این واکنش، الکترون از دست می‌دهد. بر این اساس، می‌توان گفت یون مورد نظر اکسایش یافته و در نقش عامل کاهنده است.

۲) چون یون $Ce^{3+}(aq)$ الکترون از دست داده است، پس می‌توان گفت قدرت کاهندگی(تمایل به از دست دادن الکترون و اکسید شدن) یون $Ce^{3+}(aq)$ بیشتر از اتم کروم است.

۴) مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادله واکنش برابر ۸ بوده و ۳ الکترون در این واکنش مبادله شده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۳ فقط عبارت (ت) درست است.

بررسی موارد:

آ: اتم‌های کربنی از ترکیب داده شده که به ۲ اتم کربن و به ۲ اتم هیدروژن متصل شده‌اند، عدد اکسایش ۲- دارند. در ساختار این ماده، ۳ اتم کربن با عدد اکسایش ۲- وجود دارد که ۲ مورد از آن‌ها در ساختار حلقه کربنی قرار گرفته‌اند.

ب: در ساختار ترکیب مورد نظر، یک عاملی آمینی، یک عامل آمیدی و ۲ عامل اسیدی قرار گرفته و اتم‌های موجود در ساختار این گروه‌های عاملی، با آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند. با توجه به توانایی بالای این ترکیب در برقراری پیوند هیدروژنی و کوچک بودن بخش‌های ناقطبی آن، این ماده به خوبی در آب حل می‌شود. این در حالی است که اسیدهای چرب نامحلول در آب هستند.

پ: فرمول شیمیایی ترکیب داده شده به صورت $C_9H_{14}N_2O_5$ است. همانطور که مشخص است، در ساختار این ماده ۱۴ اتم هیدروژن وجود دارد درحالی که در ساختار اتیلن‌گلیکول، ۶ اتم هیدروژن یافت می‌شود.

ت: در ساختار اوره، گروه عاملی آمیدی وجود دارد. در ساختار ترکیب داده شده نیز گروه عاملی آمیدی یافت می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۴ طی این واکنش شیمیایی، عدد اکسایش اتم V از $+۵$ در $VO_۲^+$ به $+۴$ در $VO^{۲+}$ رسیده است، بنابراین به دو گونهٔ $VO_۲^+$ و $VO^{۲+}$ ضریب ۲ و به گونه‌های Zn و $Zn^{۲+}$ ضریب یک می‌دهیم و در نهایت ضرایب استوکیومتری H^+ و $H_۲O$ را تعیین می‌کنیم. بر این اساس، داریم:

$$۲VO_۲^+(aq) + Zn(s) + ۴H^+(aq) \rightarrow Zn^{۲+}(aq) + ۲VO^{۲+}(aq) + ۲H_۲O(l)$$

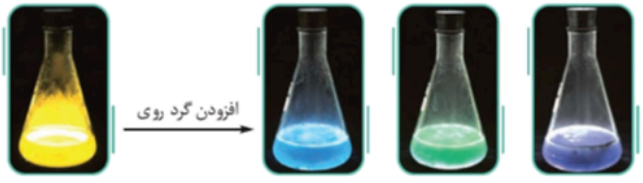
در این واکنش، به‌ازای مصرف ۴ مول یون هیدروژن، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود. حالا حساب می‌کنیم به‌ازای مصرف ۰/۴ مول یون H^+ چند مول الکترون مبادله می‌شود. بر این اساس، داریم:

$$?\,mol\,e^- = ۰/۴\,mol\,H^+ \times \frac{۲\,mol\,e^-}{۴\,mol\,H^+} = ۰/۲\,mol\,e^-$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) در این واکنش عدد اکسایش وانادیم یک واحد کاهش یافته و در طرف مقابل، عدد اکسایش فلز روی دو واحد افزایش می‌یابد. بنابراین یون چندا‌تمی $VO_۲^+$ نقش اکسنده و فلز روی نقش کاهنده دارند.

۲) اتم وانادیم با اعداد اکسایش متفاوت، رنگ‌های مختلفی را در محلول‌های آبی خود ایجاد می‌کند. رنگ محلول اولیه (محلول نمک وانادیم(V))، زرد و رنگ محلول نهایی (محلول نمک وانادیم(IV)) آبی است. در رابطه با رنگ محلول‌های وانادیم، داریم:



محلولی از نمک وانادیم (II) (بنفش) | محلولی از نمک وانادیم (III) (سبز) | محلولی از نمک وانادیم (IV) (آبی) | محلولی از نمک وانادیم (V) (زرد)

۳) حداکثر عدد اکسایش وانادیم که عنصری از گروه پنجم جدول تناوبی است، برابر با ۵+ است. بنابراین وانادیم در $VO_۲^+$ به بزرگ‌ترین عدد اکسایش خود رسیده است و در نتیجه تنها می‌تواند نقش اکسنده را در واکنش‌های اکسایش-کاهش داشته باشد. توجه داریم که عدد اکسایش اتم‌های هر عنصر، در یک دامنهٔ خاص تغییر می‌کند. جدول زیر، دامنهٔ تغییرات عدد اکسایش عناصر موجود در برخی از گروه‌های جدول تناوبی را نشان می‌دهد:

شمارهٔ گروه	۱	۲	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	عناصر واسطه مهم				
							آهن	منگنز	مس	وانادیم	نقره
کم‌ترین عدد اکسایش	۰	۰	−۴	−۳	−۲	−۱	۰	۰	۰	۰	۰
بالاترین عدد اکسایش	+۱	+۲	+۴	+۵	+۶	+۷	+۳	+۷	+۲	+۵	+۱

براساس داده‌های موجود در این جدول، گونه‌های شیمیایی در بالاترین حالت اکسایش خود، فقط می‌توانند گیرندهٔ الکترون باشند و دیگر توانایی از دست دادن الکترون را نخواهند داشت؛ بنابراین در بالاترین حالت اکسایش خود همیشه اکسنده هستند. در نقطهٔ مقابل، گونه‌های شیمیایی در پایین‌ترین حالت اکسایش خود، فقط می‌توانند دهندهٔ الکترون باشند و دیگر توانایی جذب الکترون را ندارند؛ بنابراین در پایین‌ترین حالت اکسایش خود همیشه کاهنده هستند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۵ هر ۲ مول از صابون‌های مختلف، با یک مول یون منیزیم و یا کلسیم واکنش داده و به مواد رسوبی(مواد نامحلول در آب) تبدیل می‌شود. فرمول شیمیایی صابون به صورت $C_{۱۵}H_{۳۱}COONa$ بوده و جرم مولی آن برابر با ۲۷۸ گرم بر مول است. واکنش انجام شده بین صابون مورد نظر و محلول منیزیم کلرید($MgCl_۲$) به صورت زیر است.

$$۲C_{۱۵}H_{۳۱}COONa(aq) + MgCl_۲(aq) \rightarrow (C_{۱۵}H_{۳۱}COO)_۲Mg(s) + ۲NaCl\,(aq)$$

با توجه به معادله واکنش، مقدار منیزیم کلرید مصرف شده را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,mol\,MgCl_۲ = ۲۷۸\,g\ \text{صابون} \times \frac{۱\,mol\ \text{صابون}}{۲۷۸\,g\ \text{صابون}} \times \frac{۱\,mol\,MgCl_۲}{۲\,mol\ \text{صابون}} = ۰/۵\,mol$$

در یک نیمه از محلول مورد نظر، نیم مول منیزیم کلرید وجود داشته که با صابون واکنش داده است، پس می‌توان گفت در نیم دیگر این محلول نیز نیم مول منیزیم کلرید وجود خواهد داشت. معادله واکنش انجام شده طی فرایند برقکافت منیزیم کلرید، به صورت زیر است:

$$MgCl_۲(l) \xrightarrow{۲e^-} Cl_۲(g) + Mg(l)$$

با توجه به معادله این واکنش، داریم:

$$?\,g\,Mg = ۰/۵\,mol\,MgCl_۲ \times \frac{۱\,mol\,Mg}{۱\,mol\,MgCl_۲} \times \frac{۲۴\,g\,Mg}{۱\,mol\,Mg} = ۱۲\,g$$

$$?\,e^-\ \text{تعداد} = ۰/۵\,mol\,MgCl_۲ \times \frac{۲\,mol\,e^-}{۱\,mol\,MgCl_۲} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ e^-\ \text{تعداد}}{۱\,mol\,e^-} = ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\,e^-$$

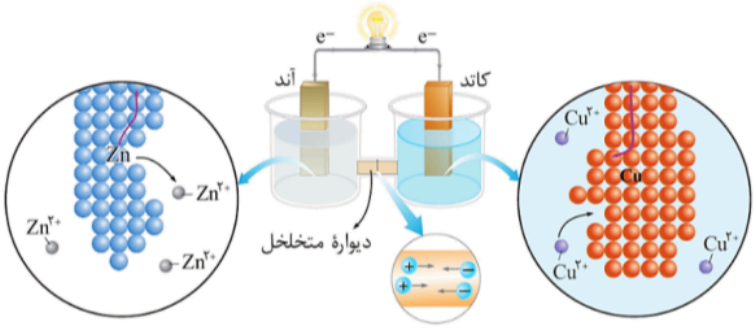
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۶ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: روی در مقایسه با مس و مس نیز در مقایسه با فلز نقره پتانسیل کاهشی منفی‌تری دارد. در سلول گالوانی روی-مس، الکترود مس کاتد و معادل با قطب مثبت سلول بوده و در سلول گالوانی مس-نقره، الکترود مس در نقش آند بوده و قطب منفی سلول را تشکیل می‌دهد. تصویر زیر، نمایی از سلول گالوانی روی-مس را نشان می‌دهد:



ب: حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی و حرکت کاتیون‌ها از دیوارهٔ متخلخل از سمت آند(الکترود مس) به سمت کاتد(الکترود نقره) است. در این سلول، آنیون‌ها از خلال دیواره متخلخل به سمت نیم‌سلول آندی حرکت می‌کنند.

پ: پس از انجام واکنش در این سلول، بخشی از اتم‌های مس موجود در تیغهٔ مس به صورت یون $Cu^{2+}(aq)$ درمی‌آیند؛ بنابراین جرم تیغهٔ مس کاسته می‌شود. از سوی دیگر، بخشی از یون‌های $Ag^{+}(aq)$ موجود در نیم‌سلول کاتدی به اتم نقره کاهش پیدا کرده و بر روی تیغهٔ نقره می‌نشینند؛ در نتیجهٔ جرم تیغهٔ نقره افزایش پیدا می‌کند.

ت: در این سلول مشابه همه سلول‌های گالوانی، بخشی از انرژی شیمیایی واکنش اکسایش-کاهش به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

به کمک سلول‌های گالوانی، می‌توان انرژی شیمیایی ذخیره‌شده در فلزهای مختلف را به انرژی الکتریکی تبدیل کرد. واکنش‌های انجام‌شده در این سلول‌ها با کاهش سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها همراه بوده و فراورده‌های تولیدشده در این سلول‌ها پایداری بیشتری نسبت به واکنش‌دهنده‌های مصرف‌شده در آن‌ها دارند. باتری لیمویی، نوع ساده‌ای از یک سلول گالوانی است که با فرو بردن یک تیغه از جنس فلز مس و یک تیغه از جنس فلز روی در یک لیمو ساخته می‌شود. به کمک این نوع باتری می‌توان یک لامپ LED را روشن کرد.

ث: در این سلول اتم Cu با از دست دادن ۲ الکترون به Cu^{2+} تبدیل می‌شود. معادله نیم‌واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e$$

بنابراین داریم:

$$?\,e \text{ شمار} = 3/2\ g\ Cu \times \frac{1\ mol\ Cu}{64\ g\ Cu} \times \frac{2\ mol\ e^-}{1\ mol\ Cu} \times \frac{6/02 \times 10^{23}\ e^-}{1\ mol\ e^-} = 6/02 \times 10^{22} e^-$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

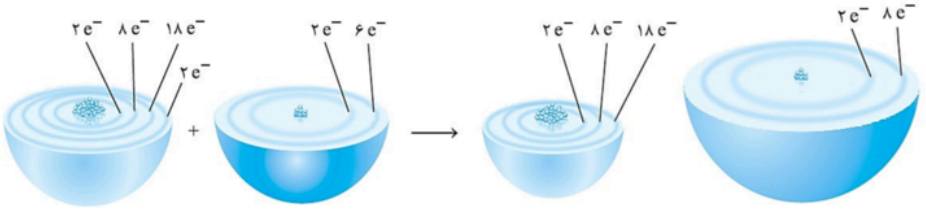
۴۷ واکنش‌های اکسایش-کاهش را با توجه به مدل مبادله گرما در آن‌ها در دو دسته زیر می‌توان قرار داد:

- واکنش‌های اکسایش-کاهش
  - گرماده: واکنش خودبه‌خودی بین یک فلز واکنش‌پذیر با کاتیونی از فلز دیگر
  - گرماگیر: واکنش برقکافت ترکیب‌های مختلف

معادله واکنش تیغه مس و محلول روی سولفات، در صورت انجام شدن، به صورت $Cu(s) + ZnSO_4(aq) \rightarrow CuSO_4(aq) + Zn(s)$ است. چون فلز مس در مقایسه با فلز روی واکنش‌پذیری کمتر و مقدار E°(پتانسیل کاهشی استاندارد) بزرگ‌تری دارد، این واکنش گرماگیر به صورت طبیعی انجام نشده و اتم‌های مس توسط یون‌های روی اکسایش پیدا نمی‌کنند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

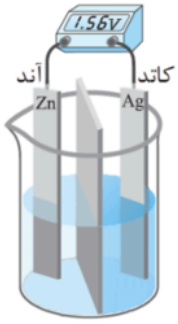
۱) واکنش میان فلز روی و گاز اکسیژن به صورت زیر است:



گونه کاهنده، گونه‌ای است که اکسایش یافته و سبب کاهش سایر گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش می‌شود. در این واکنش، فلز روی کاهنده است. هر اتم روی دو الکترون از زیرلایه‌ی $4s$ از دست داده و به یون روی تبدیل می‌شود.

۲) هر فلزی که کاهنده‌تر از هیدروژن باشد(در مقایسه با هیدروژن تمایل بیشتری به اکسید شدن(از دست دادن الکترون) داشته باشد)، در سری الکتروشیمیایی در موقعیت پایین‌تری در مقایسه با هیدروژن قرار می‌گیرد. پتانسیل کاهشی استاندارد فلزهایی که در سری الکتروشیمیایی در مقایسه با هیدروژن در موقعیت پایین‌تری 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 آن‌ها نیز بزرگ‌تر از صفر است. در سری الکتروشیمیایی، نیم‌واکنش‌ها به شکل کاهشی نوشته شده‌اند و این پیشنهاد آیوپاک، برای هماهنگی در همه منابع علمی معتبر به کار گرفته می‌شود. در هر نیم‌واکنش، گونه کاهنده در سمت راست و گونه اکسنده در سمت چپ نوشته می‌شود.

۴) تصویر مقابل، نمایی از سلول گالوانی روی-نقره را نشان می‌دهد:



در سلول گالوانی مورد نظر، تیغه نقره در نقش کاتد(قطب مثبت) و تیغه‌ی روی در نقش آند(قطب منفی) است. با کارکرد این سلول، آنیون‌های موجود در محلول الکترولیت به سمت تیغه آند(تیغه روی) حرکت می‌کنند؛ درحالی که الکترون‌های موجود در مدار خارجی، به سمت کاتد(تیغه نقره) جاری می‌شوند.

در این سلول گالوانی، به مرور زمان جرم تیغه کاتدی(تیغه نقره) افزایش یافته و جرم تیغه آندی(تیغه روی) کاهش پیدا می‌کند. الکترون‌های موجود در مدار خارجی این سلول نیز به تدریج به سمت تیغه نقره جاری می‌شوند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۸ با توجه به شکل داده شده در صورت سوال، بعد از خراش قطعه فلزی یون آهن(Fe^{2+}) وارد قطره آب شده است. این یعنی بعد از ایجاد خراش، فلز آهن در نقش آند بوده و خورده می‌شود و فلز M نقش کاتد را ایفا می‌کند؛ درنتیجه می‌توان گفت که قدرت کاهندگی آهن، بیشتر از فلز M بوده و آهن در سری الکتروشیمیایی در مکان پایین‌تری نسبت به فلز M جای دارد. از طرفی، می‌دانیم که فلز روی در مقایسه با آهن در سری الکتروشیمیایی در موقعیت پایین‌تری قرار گرفته است. در این رابطه داریم:

سری الکتروشیمیایی
فلز M
آهن
روی

در سلول گالوانی، فلزی با قدرت کاهندگی بیشتر، نقش آند را دارد؛ درنتیجه در سلول گالوانی متشکل از دو فلز روی و M، آهن نقش آند را داشته و قطب منفی سلول را تشکیل می‌دهد. همچنین فلز M، نقش کاتد را داشته و قطب مثبت سلول را تشکیل می‌دهد. می‌دانیم که در سلول‌های گالوانی متشکل از دو الکترود متفاوت، به تدریج از جرم آند کاسته و به جرم کاتد افزوده می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) می‌دانیم که واکنش‌پذیری(قدرت کاهندگی) فلز M از آهن کمتر است. در سری الکتروشیمیایی، فلز M می‌تواند فلزی بالاتر از هیدروژن(مثل نقره، مس و ...) باشد یا می‌تواند فلزی پایین‌تر از هیدروژن باشد به طوریکه که واکنش‌پذیری کمتری نسبت به آهن دارد(مثل قلع). می‌دانیم که فلزهای پایین‌تر از هیدروژن با محلول اسیدها واکنش داده و گاز هیدروژن آزاد می‌کنند. همچنین فلزهای بالاتر از هیدروژن(فلزهایی با $E^\circ < 0$) در سری الکتروشیمیایی توانایی واکنش با محلول اسیدها را ندارند.

۲) واکنش‌پذیری فلز منیزیم، بیشتر از آهن است؛ درنتیجه فلز M هیچگاه نمی‌تواند از فلز منیزیم در مقابل خوردگی محافظت کند. فلزی می‌تواند از منیزیم در برابر خوردگی محافظت کند که قدرت کاهندگی بیشتری نسبت به آن داشته باشد. برای مثال، لیتیم فلزی با بیشترین قدرت کاهندگی است و از آن می‌توان برای جلوگیری از خوردگی سایر فلزها استفاده کرد.

۳) فلز آهن کاهنده قوی‌تری نسبت به فلز M بوده؛ درنتیجه پتانسیل کاهشی استاندارد آن منفی‌تر از M است و در سری الکتروشیمیایی در جایگاه پایین‌تری نسبت به فلز M جای دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۹ معادله واکنش انجام شده، به صورت زیر است:

$$Ca(H_2PO_4)_2(s) + 2NaHCO_3(s) \rightarrow CaHPO_4(s) + Na_2HPO_4(s) + 2CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

معادله واکنش فوق، از جمله معادله واکنش‌هایی است که در کنکورهای سال ۱۴۰۲ از آن سوال استوکیومتری طراحی شده است. با توجه به معادله واکنش داده شده، جرم سدیم هیدروژن کربنات(جوش شیرین) مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ NaHCO_3\ \text{ناخالص} = 68\ g\ CaHPO_4 \times \frac{1\ mol\ CaHPO_4}{136\ g\ CaHPO_4} \times \frac{2\ mol\ NaHCO_3}{1\ mol\ CaHPO_4} \times \frac{84\ g\ NaHCO_3}{1\ mol\ NaHCO_3} \times \frac{100\ g\ NaHCO_3\ \text{ناخالص}}{96\ g\ NaHCO_3} = 87/5\ g$$

در قدم بعد، مقدار گاز کربن دی‌اکسید تولید شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\ CO_2 = 68\ g\ CaHPO_4 \times \frac{1\ mol\ CaHPO_4}{136\ g\ CaHPO_4} \times \frac{2\ mol\ CO_2}{1\ mol\ CaHPO_4} = 1\ mol$$

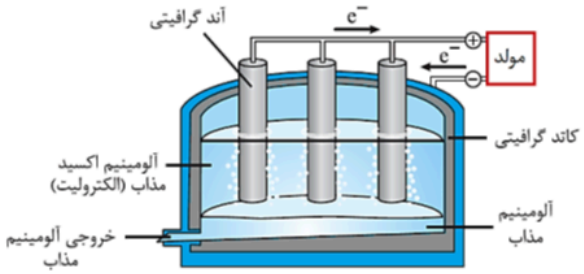
معادلهٔ واکنش انجام شده در فرایند هال به صورت زیر است:

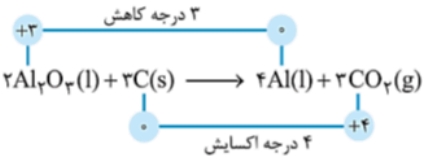
$$2Al_2O_3(s) + 3C(s) \rightarrow 4Al(l) + 3CO_2(g)$$

بر این اساس، داریم:

$$?\,g\ Al = 1\ mol\ CO_2 \times \frac{4\ mol\ Al}{3\ mol\ CO_2} \times \frac{27\ g\ Al}{1\ mol\ Al} = 36\ g$$

فرایند هال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی، هزینهٔ بالایی دارد. به همین دلیل بازیافت فلز آلومینیم اهمیت زیادی دارد؛ زیرا با بازیافت آلومینیم می‌توان ضمن افزایش عمر این منبع تجدیدناپذیر، هزینهٔ تولید این فلز ارزشمند را کاهش داد. تصویر زیر، سلول الکترولیتی مورد استفاده برای انجام فرایند هال را نشان می‌دهد:





(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۵۰ واکنش انجام شده در این سلول به صورت زیر است:

$$2Al(s) + 3Zn^{2+}(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3Zn(s)$$

در این واکنش شیمیایی به ازای تولید هر مول Zn، مقدار ۲ مول الکترون بین گونه‌های کاهنده و اکسنده مبادله شده است. طبق فرض سوال، در هر ثانیه تعداد $24/08 \times 10^{21}$ الکترون(معادل با ۰/۰۴ مول الکترون) از سیم(مدار خارجی) عبور می‌کند؛ درنتیجه در مدت زمان ۳۰ دقیقه(۱۸۰۰ ثانیه)، ۷۲ مول الکترون از آند به کاتد جریان داشته است. یون‌های Zn^{2+} با تبدیل شدن به اتم‌های Zn بر روی کاتد رسوب می‌کنند. اگر فرض کنیم کل(۱۰۰ درصد) این یون‌ها کاهش پیدا کنند، تغییر جرم تیغه کاتدی برابر است با:

$$?\,g\ Zn = 72\ mol\ e \times \frac{1\ mol\ Zn}{2\ mol\ e} \times \frac{65\ g\ Zn}{1\ mol\ Zn} = 2340\ g$$

اگر کل یون‌های روی به اتم روی تبدیل شوند و بر روی کاتد رسوب کنند، ۲۳۴۰ گرم به جرم تیغه کاتدی افزوده می‌شود؛ ولی طبق فرض سوال ۷۰ درصد از یون‌ها با تبدیل شدن به اتم روی بر روی کاتد رسوب کرده‌اند؛ درنتیجه ۱۶۳۸ گرم($\frac{70}{100} \times 2340$) رسوب بر روی تیغه کاتدی ایجاد شده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۵۱ ترکیب داده شده، در ساختار خود دارای یک گروه عاملی کربوکسیل و یک گروه عاملی الکلی بوده و فرمول شیمیایی آن به صورت $C_{۱۱}H_{۱۶}O_{۴}$ است. عبارت‌های (آ)، (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: ترکیب مورد نظر، نوعی اسید آلی بوده و با انحلال در آب، مقدار کمی یونش پیدا می‌کند و مقداری یون هیدروژن در محلول آزاد می‌کند. با افزایش غلظت یون هیدروژن در محلول، غلظت یون هیدروکسید کاهش پیدا می‌کند.

ب: عدد اکسایش دو مورد از اتم‌های کربن موجود در ساختار این ماده(اتم کربن موجود در ساختار گروه عاملی کربوکسیل و اتم کربن متصل به گروه عاملی هیدروکسیل)، بزرگ‌تر از صفر است.

پ: چون در ساختار این ماده تعدادی گروه عاملی قطبی وجود داشته و ذرات سازنده این ماده می‌توانند با آب پیوند هیدروژنی برقرار کنند، پس انحلال‌پذیری این ماده در آب در مقایسه با یک ترکیب ناقطبی مثل نونان بیشتر خواهد بود.

ت: این ماده، همانند سایر کربوکسیلیک اسیدها، در شرایط مناسب با یک آمین مثل متیل آمین واکنش داده و نوعی آمید را تولید می‌کند.

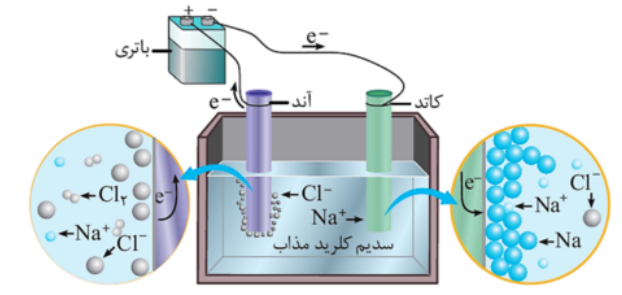
ث: در ساختار ترکیب داده شده ۱۶ اتم هیدروژن وجود دارد درحالی که هگزان نوعی آلکان با ۱۴ اتم هیدروژن است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۵۲ واکنش شیمیایی انجام‌شده در سلول مربوط به برقکافت سدیم کلرید مذاب، همانند واکنش انجام‌شده در سایر سلول‌های الکترولیتی، در خلاف جهت طبیعی به پیش رانده می‌شود. در آند سلول مربوط به برقکافت سدیم کلرید مذاب، گاز کلر تولید شده و در سمت کاتد این سلول نیز فلز سدیم تولید می‌شود.

تصویر زیر، نمایی از این سلول را نشان می‌دهد:



$2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g)+2e^-$ نیم واکنش اکسایش

$Na^+(l)+e^- \rightarrow Na(l)$ نیم واکنش کاهش

از آنجا که در هر تناوب با حرکت از چپ به راست، شعاع اتمی عناصر کاهش پیدا می‌کند، می‌توان گفت عنصر کلر بعد از آرگون، در مقایسه با سایر عناصر هم‌تناوب خود شعاع کوچک‌تری دارد.

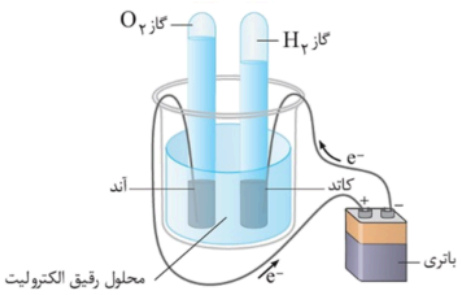
بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) سدیم کلرید خالص در ۸۰۱°C ذوب می‌شود و پس از آن، در سلول برقکافت به عناصر سازنده خود تبدیل می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید($CaCl_2$) به این ماده، دمای ذوب آن را تا حدود ۵۸۷°C پایین می‌آورد. با انجام این کار، انرژی کمتری برای ذوب سدیم کلرید صرف می‌شود. با صرف انرژی کمتر، سوخت‌های فسیلی کمتری مصرف می‌شود؛ درنتیجه ردپای کربن دی‌اکسید در محیط کاهش می‌یابد. توجه داریم که انحلال کلسیم کلرید در آب گرماده است و از آن برای تهیه بسته‌های گرمازای ورزشکاران استفاده می‌شود.

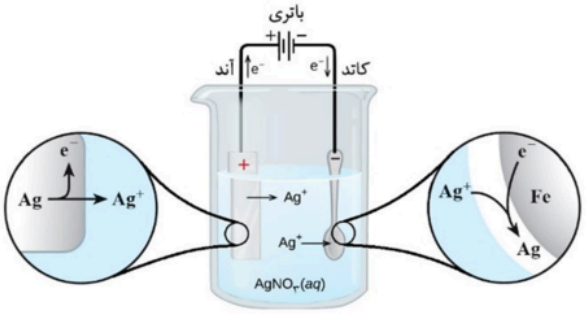
۲) در سلول برقکافت آب، الکترود با بار مثبت آند است که در سطح آن واکنش اکسایش انجام می‌شود:

$$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$$

تصویر زیر، نمایی از سلول برقکافت آب را نشان می‌دهد:



۳) اگر در سلول الکترولیتی مربوط به آبکاری اجسام فلزی با فلز نقره، جنس تیغه‌ی آندی از نقره باشد، به ازای کاهش هر یون نقره در محل کاتد، یک اتم نقره در سمت آند اکسایش پیدا می‌کند و به همین خاطر، غلظت یون نقره در محلول موجود در این سلول ثابت می‌ماند. تصویر زیر، سلول مورد استفاده برای آبکاری یک قاشق فلزی با نقره را نشان می‌دهد.



(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۵۳ جدول زیر، بازه تغییر عدد اکسایش عناصر اصلی و برخی از عناصر واسطه مهم جدول تناوبی را نشان می‌دهد:

شمارهٔ گروه	۱	۲	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	عناصر استثنا			عناصر واسطه مهم			
							اکسیژن	فلوئور	هیدروژن	آهن	مس	منگنز	نقره
کم‌ترین عدد اکسایش	۰	۰	−۴	−۳	−۲	−۱	−۲	−۱	−۱	۰	۰	۰	۰
بالاترین عدد اکسایش	+۱	+۲	+۴	+۵	+۶	+۷	+۲	۰	+۱	+۳	+۲	+۷	+۱

مجموع عدد اکسایش اتم‌های مختلف در یک گونه، برابر با بار گونه است. در گونه‌های خنثی، مجموع عدد اکسایش اتم‌ها برابر صفر است. بر این اساس، عدد اکسایش عناصر A و X را در ترکیب‌های ذکر شده به‌دست می‌آوریم:

$ASO_۴ : A + (-۲) = ۰ \Rightarrow A = +۲$

$X_۲O_۵ : ۲X + ۵ \times (-۲) = ۰ \Rightarrow X = +۵$

باتوجه به جدول بالا، عنصر A می‌تواند جزو عناصر گروه ۲ باشد. عنصر X نیز می‌تواند جزو عناصر گروه ۱۵ باشد و عدد اکسایش ۳- تا ۵+ برای آن قابل قبول است. حال عدد اکسایش عناصر مجهول را در ترکیب‌های یونی ذکرشده، محاسبه می‌کنیم:

آ) $A_۲N_۳ : ۲A + ۳ \times (-۳) = ۰ \Rightarrow A = ۴/۵$ ✗

ب) $KXO_۳ : +۱ + X + ۳ \times (-۲) = ۰ \Rightarrow X = +۵$ ✓

پ) $AF_۲ : A + ۲ \times (-۱) = ۰ \Rightarrow A = ۲$ ✓

ت) $X_۲O : ۲X + (-۲) = ۰ \Rightarrow X = ۱$ ✓

ث) $A_۳O_۲ : ۳A + ۲ \times (-۲) = ۰ \Rightarrow A = \frac{۴}{۳}$ ✗

ج) $HXO_۲ : +۱ + X + ۲ \times (-۲) = ۰ \Rightarrow X = ۳$ ✓

بر این اساس، فرمول شیمیایی ترکیب‌های (ب)، (پ)، (ت) و (ج) می‌تواند درست باشد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۵۴ در رابطه با آند سلول‌های گالوانی، داریم:



در رابطه با کاتد سلول‌های گالوانی، داریم:



واکنش انجام شده در سلول، به‌صورت زیر است:

$$Mg(s) + ۲Ag^{+}(aq) \longrightarrow ۲Ag(s) + Mg^{۲+}(aq)$$

در این سلول، منیزیم به عنوان کاهنده در نیم‌سلول آند و نقره به عنوان اکسنده در نیم‌سلول کاتد حضور دارد. در این نیم‌سلول، به مرور یون‌های نقره مصرف شده و غلظت آن‌ها در محلول کاهش پیدا می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) در این سلول، فلز موجود در آند(منیزیم) مصرف شده و به مرور زمان جرم آن کاهش پیدا می‌کند. از طرفی الکترون‌های موجود در مدار خارجی از نیم‌سلول آند به سمت نیم‌سلول کاتد(نقره) حرکت می‌کنند.

۲) نیروی الکتروموتوری(emf)، از کم کردن پتانسیل کاهشی استاندارد آند از پتانسیل کاهشی استاندارد کاتد محاسبه می‌شود و در سلول گالوانی همیشه مثبت است. اندازه نیروی الکتروموتوری به اندازه اختلاف پتانسیل استاندارد آند و کاتد بستگی دارد. پتانسیل استاندارد فلز منیزیم، هیدروژن و نقره به‌ترتیب منفی، صفر و مثبت است، پس می‌توان گفت اندازه emf سلول $Mg - Ag$ بیشتر از سلول $Mg - H_۲$ خواهد بود.

۴) پتانسیل استاندارد هر سلول، به عوامل مختلفی از جمله غلظت یون‌های موجود در محلول، دما، فشار و ... بستگی دارد و با تغییر هرکدام از این عوامل، پتانسیل استاندارد نیز تغییر پیدا می‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۵۵ عبارت‌های (آ) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: قبل از اضافه شدن آب، واکنش زیر در سلول برقکافت انجام می‌شود:

$$۲NaCl(l) \longrightarrow ۲Na(l) + Cl_۲(g)$$

با اضافه شدن آب به سدیم کلرید مذاب، ۲ اتفاق می‌افتد:

• مولکول آب و یون سدیم برای گرفتن الکترون رقابت می‌کنند. در بین این گونه‌ها، آب پتانسیل کاهشی استاندارد بالاتری داشته و در رقابت کاتدی پیروز می‌شود. نیم‌واکنش انجام‌شده به‌صورت زیر است:

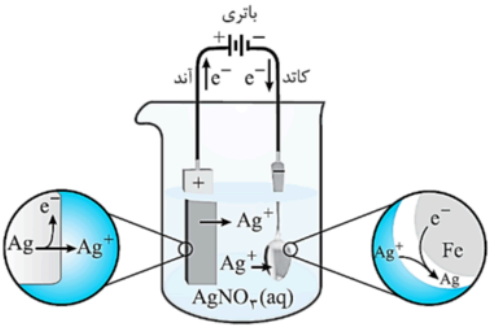
$$۲H_۲O(l) + ۲e^- \longrightarrow ۲OH^-(aq) + H_۲(g)$$

• مولکول آب و یون کلرید برای گرفتن الکترون رقابت می‌کنند. در بین این گونه‌ها، در شرایط خاصی آب پتانسیل کاهشی استاندارد پایین‌تری داشته و در رقابت آندی پیروز می‌شود. نیم‌واکنش انجام‌شده به‌صورت زیر است:

$$۲H_۲O(l) \longrightarrow ۴H^+(aq) + O_۲(g) + ۴e^-$$

پس به‌طور کلی، فراورده‌های واکنش تغییر می‌کند.

ب: در سلول‌های الکترولیتی، در اغلب(نه همه!) موارد جنس تیغه‌ها از گرافیت است. مهم‌ترین مثال نقض، تیغه‌های سلول استفاده‌شده برای آبکاری است. تصویر زیر، نمایی از سلول آبکاری را نشان می‌دهد:



پ: در سلول هال، در قسمت آند، گاز کربن دی‌اکسید و در قسمت کاتد، آلومینیم مذاب تولید می‌شود. معادله موازنه‌شده واکنش انجام‌شده در این سلول به‌صورت زیر است:

$$۲Al_۲O_۳(l) + ۳C(s) \longrightarrow ۴Al(l) + ۳CO_۲(g)$$

همانطور که مشخص است، شمار مول‌های ماده تولید شده در اطراف آند، کمتر از ماده تولید شده در اطراف کاتد است.

ت: نیم‌واکنش انجام‌شده در آند و کاتد سلول برقکافت آب، به‌صورت زیر است:

$$۲H_۲O(l) \longrightarrow ۴H^+(aq) + O_۲(g) + ۴e^- \qquad ۲H_۲O(l) + ۲e^- \longrightarrow ۲OH^-(aq) + H_۲(g)$$

در نیم‌واکنش آندی برقکافت آب، یون هیدروژن تولید شده و به همین دلیل، محیط اطراف آند، خاصیت اسیدی دارد. این در حالی است که محلول آبی حاصل از انحلال آمونیاک و ترکیب‌های آمینی در آب، خاصیت بازی دارد.

برقکافت آب، یک نمونه از واکنش‌هایی است که به کمک سلول‌های الکترولیتی انجام می‌شود. طی این فرایند، مولکول‌های آب به عناصر سازنده خود، یعنی اکسیژن و هیدروژن، تجزیه می‌شوند. معادله‌ی واکنش برقکافت آب در یک سلول الکترولیتی به صورت $۲H_۲O(l) \rightarrow ۲H_۲(g) + O_۲(g)$ است. در این واکنش، اتم‌های اکسیژن در نقش عامل کاهنده بوده و اتم‌های هیدروژن نیز در نقش عامل اکسنده هستند. در این فرایند، عدد اکسایش اتم‌های O از ۲- به ۰ رسیده و عدد اکسایش اتم‌های H نیز از ۱+ به ۰ می‌رسد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۵۶ بجز عبارت (ث)، همه عبارت‌های داده‌شده درست هستند.

بررسی موارد:

آ: مقدار emf سلول گالوانی، از کم‌کردن پتانسیل کاهشی استاندارد آند از پتانسیل کاهشی استاندارد کاتد محاسبه می‌شود. در این سلول، نیم‌سلول روی، آند و نیم‌سلول هیدروژن، کاتد است. به‌صورت قراردادی، پتانسیل استاندارد هیدروژن برابر صفر درنظر گرفته شده‌است. بنابرین emf این سلول به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$emf = E^{\circ}_{H_2} - E^{\circ}_{Zn} = 0 - E^{\circ}_{Zn} = -E^{\circ}_{Zn}$$

همانطورکه مشخص است، نیروی الکتروموتوری سلول(emf) برابر قرینه پتانسیل استاندارد نیم‌سلول روی است.

ب: در آند سلول گالوانی، نیم‌واکنش اکسایش و در کاتد سلول گالوانی، نیم‌واکنش کاهش انجام می‌شود. نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش انجام‌شده در این سلول، به‌ترتیب به‌صورت زیر انجام می‌شوند:

$$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) \qquad Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

واکنش کلی انجام‌شده نیز به‌صورت زیر است:

$$Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$$

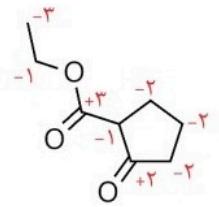
پ: به‌صورت قراردادی، پتانسیل نیم‌سلول هیدروژن در دمای ۲۵°C و فشار $1\ atm$ برابر صفر درنظر گرفته شده است. سپس با تشکیل سلول گالوانی با استفاده از نیم‌سلول هیدروژن و سایر نیم‌سلول‌ها، پتانسیل استاندارد آن‌ها محاسبه شده است. با تغییر دمای محیط و یا غلظت یون‌ها در ساختار نیم‌سلول‌ها، پتانسیل سلول و درنتیجه نیروی الکتروموتوری سلول تغییر پیدا می‌کند.

ت: با برداشتن دیوار متخلخل، واکنش اکسایش کاهش در سطح فلز روی ادامه پیدا می‌کند؛ زیرا یون‌های هیدروژنی که در نیم‌سلول کاتدی(نیم‌سلول هیدروژن) قرار گرفته بودند، در تماس مستقیم با تیغه روی قرار می‌گیرند و اتم‌های روی، الکترون‌های خود را مستقیما به یون‌های هیدروژن مجاور خود می‌دهند و الکترونی وارد مدار بیرونی سلول نمی‌شود. با توقف ورود الکترون به مدار بیرونی سلول و درنتیجه توقف ورود الکترون به تیغه کاتدی، نیم‌واکنش کاهش در نیم‌سلول کاتدی، متوقف می‌شود.

ث: محلول موجود در نیم سلول کاتدی(نیم سلول هیدروژن)، خاصیت اسیدی داشته و کاغذ pH را سرخ می‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۵۷ ساختار ترکیب داده شده به صورت زیر است:



همانطور که مشخص است، در ساختار این ترکیب ۵ نوع اتم کربن با اعداد اکسایش متفاوت وجود دارد. توجه کنید که در ساختار این ترکیب یک گروه عاملی استری و یک گروه عاملی کتونی وجود داشته و فرمول شیمیایی این ماده به صورت $C_8H_{12}O_3$ است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۵۸ از بین دو نیم‌واکنش داده شده، نیم‌واکنشی که E° بزرگ‌تری دارد، در سمت کاتد(قطب مثبت) باتری انجام شده و نیم‌واکنشی که E° کوچک‌تری دارد، در سمت آند(قطب منفی) باتری انجام می‌شود. بر این اساس، می‌توان گفت معادله نیم‌واکنش‌های انجام شده به صورت زیر است:

نیم‌واکنش آندی(اکسایش): $Cd(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow Cd(OH)_2(s) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاتدی(کاهش): $NiO_2(s) + 2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow Ni(OH)_2(s) + 2OH^-(aq)$

با انجام واکنش در این باتری، فلز کادمیم در سمت آند مصرف شده و به هیدروکسید این فلز تبدیل می‌شود. در سمت کاتد، NiO_2 مصرف شده و هیدروکسید نیکل تولید می‌شود.

۱) ضریب الکترون در معادله نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی یکسان بوده و برابر با ۲ است.

۲) باتری مورد نظر، نوعی سلول گالوانی به شمار می‌رود. بر این اساس، می‌توان گفت اگر این باتری در مسیر مدار الکتریکی قرار بگیرد، الکترون‌ها از قطب منفی(آند) آن به سمت قطب مثبت(کاتد) می‌روند.

۴) نیروی الکتروموتوری(emf) در یک سلول گالوانی، حداکثر اختلاف پتانسیلی است که یک سلول می‌تواند به وجود بیاورد. مقدار این اختلاف پتانسیل را با E° نیز نشان می‌دهند. برای پیداکردن مقدار emf یک سلول گالوانی، از روش‌های زیر می‌توان کمک گرفت:

✓ نیم‌سلول‌های سازنده سلول را به یکدیگر متصل کرده و مقدار emf را به کمک ولت‌سنج اندازه‌گیری می‌کنیم.

✓ ابتدا آند و کاتد سلول گالوانی موردنظر را پیدا کرده و پس از آن E° آند را از E° کاتد کم می‌کنیم.

مقدار emf برای سلول‌های گالوانی همواره مقداری مثبت است. چنان‌چه ولت‌سنج مقدار E° یک سلول را با عددی منفی نشان داد و یا این که پس از محاسبه emf سلول، یک عدد منفی به دست آوردید، فقط به این معناست که موقعیت آند و کاتد سلول را به اشتباه تشخیص داده و قطب‌های ناهم‌نام سلول گالوانی و ولت‌سنج را به یکدیگر وصل کرده‌اید. با توجه به توضیحات داده شده، مقدار emf باتری مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = ۰/۴۹ - (-۰/۷۶) = ۱/۲۵\ V$$

در رابطه با سلول منیزیم-هیدروژن که در آن نیم سلول منیزیم معادل با آند است، نیز داریم:

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = ۰ - (-۲/۳۷) = ۲/۳۷\ V$$

مقدار نیروی الکتروموتوری این باتری، در مقایسه با سلول منیزیم-هیدروژن کمتر است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۵۹ در سلول گالوانی مورد نظر، آلومینیم در نقش آند بوده و مس در نقش کاتد است. ابتدا نیم‌واکنش‌های انجام شده را نوشته و واکنش کلی سلول را مشخص می‌کنیم. در این رابطه، داریم:

نیم واکنش آندی: $Al(s) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^- \xrightarrow{\text{طرفین ×۲}} 2Al(s) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 6e^-$

نیم واکنش کاتدی: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s) \xrightarrow{\text{طرفین ×۳}} 3Cu^{2+}(aq) + 6e^- \rightarrow 3Cu(s)$

واکنش کلی سلول: $2Al(s) + 3Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3Cu(s)$

با شروع واکنش از جرم الکترود آند کاسته شده و به جرم الکترود کاتد افزوده می‌شود، بنابراین در زمان موردنظر داریم:

اختلاف جرم الکترودها = جرم افزوده شده به الکترود کاتد − جرم کاهش یافته از الکترود آند $= ۷/۳۸g$

اگر در بازهٔ زمانی موردنظر $2x$ مول Al به صورت Al^{3+} وارد نیم سلول آندی شود، $54x$ گرم از جرم آند کاسته شده(این مقدار را با $-54x$ گرم مشخص می‌کنیم) و $192x$ گرم بر جرم کاتد مسی(این مقدار را با $+192x$ گرم مشخص می‌کنیم) افزوده می‌شود. بنابراین داریم:

$$\text{اختلاف جرم الکترودها} = 192x - (-54x) = 246x = ۷/۳۸g \rightarrow x = \frac{۷/۳۸}{۲۴۶} = ۰/۰۳\ mol$$

بنابراین جرم مصرف شده از الکترود آند برابر است با:

$$?\,g\ Al = ۲ \times ۰/۰۳\ mol\ Al \times \frac{۲۷\ g\ Al}{۱\ mol\ Al} = ۱/۶۲\ g$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۶۰ در گروه ۱۷ جدول دوره‌ای، عناصر فلوئور($_{9}F$)، کلر($_{17}Cl$)، برم($_{35}Br$) و ید($_{53}I$) قرار دارند. این عناصر به هالوژن‌ها معروف هستند. با افزایش عدد اتمی هالوژن‌ها، شعاع اتمی این عناصر افزایش یافته و به دنبال آن، واکنش‌پذیری این عناصر نافلزی نیز کمتر می‌شود. ترتیب واکنش‌پذیری عناصر موجود در گروه هفدهم به صورت زیر است:

واکنش پذیری (تمایل به گرفتن الکترون) : $I < Br < Cl < F$

آرایش الکترونی هالوژن‌ها به زیرلایهٔ ns^2np^5 ختم می‌شود. اتم‌های سازندهٔ این عناصر با گرفتن یک الکترون به آرایش الکترونی گاز نجیب بعد از خود رسیده و یون پایدار X^- را تولید می‌کنند. از میان هالوژن‌ها، فلوئور دارای بیشترین خاصیت نافلزی بوده و نسبت به سایر عناصر، الکترون‌ها را با قدرت بیشتری به سمت خود جذب می‌کند. موارد (ب) و (پ) و (ت) درست هستند.

آ: اگر واکنش $D + A^- \rightarrow$ قابل انجام باشد، واکنش پذیری هالوژن D از A بیشتر است؛ پس می‌توان گفت این عنصر E° مثبت تری دارد. با توجه به توضیحات داده شده، واکنش $D^- + A \rightarrow$ که حین واکنش هالوژن A با NaD باید رخ دهد، انجام پذیر نیست.

ب: چهارمین عضو خانواده هالوژن‌ها، عنصر ید است. آرایش الکترونی لایه‌ی ظرفیت ید به صورت $5s^25p^5$ است. مجموع عددهای کوانتومی $n + l$ الکترون‌های لایه ظرفیت ید برابر با ۴۰ است.

پ: اگر واکنش $D + A^- \rightarrow$ قابل انجام نباشد، می‌توان گفت واکنش پذیری هالوژن D از A کمتر است و این عنصر E° منفی‌تری دارد. از آنجایی که فلوئور واکنش پذیرترین هالوژن موجود در جدول دوره‌ای بوده و دارای مثبت ترین E° است، بنابراین D هرگز نمی تواند فلوئور باشد و هر هالوژن دیگری هم که باشد، E° آن منفی‌تر(کمتر) از فلوئور خواهد بود.

ت: واکنش هالوژن‌ها با اکسیژن، اکسیدهایی مانند OF_2 ، Cl_2O ، Br_2O تشکیل می‌دهد. در OF_2، برخلاف سایر فراورده‌ها، عدد اکسایش اتم مرکزی مثبت است(۲+)، زیرا فلوئور نسبت به اکسیژن تمایل بیشتری به جذب الکترون‌های پیوندی دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۶۱ معادله واکنش انجام شده به صورت $2Zn(s) + O_2(g) \rightarrow 2ZnO(s)$ است. گونه کاهنده(گونه‌ای که اکسید شده و یک ماده دیگر را می‌کاهد) مصرف شده در این واکنش، معادل با فلز روی است. فلز روی دارای ۱۰ الکترون با $l = 2$ در هر اتم خود بوده و هیچ الکترونی با $l = 3$ ندارد.

۱) ساخت لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی‌های محتوی مواد غذایی، لوازم آشپزی که در برابر خوردگی مقاوم بوده و مانع از آلوده شدن آب و مواد غذایی می‌شوند و همچنین کسب اطمینان از کیفیت تولید فراورده‌های دارویی، بهداشتی و غذایی، چهره‌ای از افزایش سطح رفاه و آسایش هستند که دستیابی به آن‌ها در گرو بهره‌گیری از دانش الکتروشیمی است.

۲) نیم‌واکنش تبدیل یون MnO_4^- به یون منگنز(II)، از نوع کاهش است، پس نماد الکترون در سمت چپ آن قرار می‌گیرد. طی این فرایند عدد اکسایش منگنز از ۷+ به ۲+ رسیده است، پس می‌توان گفت در این نیم‌واکنش ۵ الکترون مبادله شده است. بر این اساس، می‌توان گفت ضریب الکترون در نیم‌واکنش مورد نظر برابر ۵ است.

۳) آن‌چه که شیمی و الکتریسیته را به یکدیگر پیوند داده و علم الکتروشیمی را ایجاد می‌کند، الکترون است. به عبارتی، الکتروشیمی علم استفاده از انرژی الکتریکی برای ایجاد یک تغییر شیمیایی و یا تولید انرژی الکتریکی به کمک انجام واکنش‌های شیمیایی است. تولید انرژی پاک و ارزان، دستاوردی از دانش الکتروشیمی است که در سایه فناوری‌های پیشرفته موجب افزایش سطح رفاه و آسایش مردم جهان شده است.

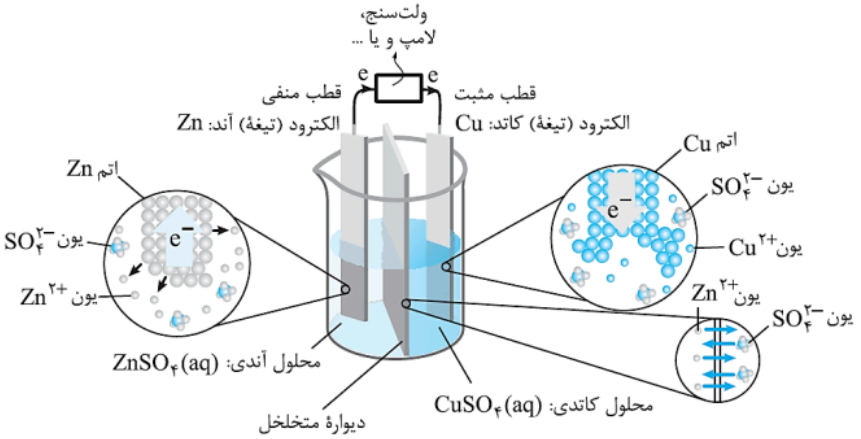
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۶۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند.

آ: با اتصال نیم‌سلول‌های مس و منگنز به هم، سلول گالوانی منگنز-مس ایجاد می‌شود. در این سلول، نیم‌سلول مس در نقش کاتد و نیم‌سلول منگنز در نقش آند خواهد بود. با تشکیل یک سلول گالوانی، بخشی از انرژی حاصل از واکنش اکسایش-کاهش به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. توجه داریم که طی این فرایند، بخشی از انرژی نیز به صورت گرما و ... درآمده و هدر می‌رود.

ب: در سلول گالوانی روی-مس، با گذشت زمان جرم تیغه کاتد(تیغه مس) که قطب مثبت سلول است، افزایش یافته و در طرف مقابل، از جرم تیغه آند(تیغه روی) که قطب منفی سلول است، کاسته می‌شود. ساختار این سلول گالوانی به صورت زیر است:



پ: پتانسیل کاهشی استاندارد هیدروژن در محلولی از اسیدها با $pH = 0$، برابر با صفر در نظر گرفته می‌شود. طلا، پلاتین، جیوه، نقره و مس، فلزهایی هستند که پتانسیل کاهشی آن‌ها بزرگ‌تر از صفر بوده و در صورت مجاورت با محلول یک مولار از اسیدها، با این محلول‌ها واکنش نمی‌دهند. بر این اساس، در صورت قرار دادن یک تیغه مسی در محلولی از اسیدها، هیچ واکنشی انجام نشده و رنگ محلول نیز تغییر نمی‌کند. توجه داریم که از ظروف ساخته شده از این عناصر فلزی، می‌توانیم برای نگهداری محلول‌های اسیدی استفاده کنیم.

ت: نیروی الکتروموتوری در یک سلول گالوانی، حداکثر اختلاف پتانسیلی است که یک سلول می‌تواند به وجود بیاورد. برای افزایش مقدار emf یک سلول گالوانی، باید از الکترودهایی استفاده کنیم که مقدار E° آن‌ها بیشترین مقدار تفاوت ممکن را با یکدیگر داشته باشد. در واقع هر چه‌قدر که E° کاتد سازنده یک سلول گالوانی بیشتر و E° آند سازنده آن کم‌تر باشد، مقدار emf آن سلول بیشتر می‌شود. با کاهش قدرت کاهندگی(افزایش مقدار E°) نیم‌سلول آندی در یک سلول، مقدار emf آن سلول کاهش پیدا می‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۶۳ معادله واکنش خوردگی آهن به صورت مقابل است:

$$4Fe(s) + 3O_2(g) + 6H_2O(l) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$$

با مصرف ۱ مول آهن(معادل با ۵۶ گرم آهن) در این واکنش، ۱ مول $Fe(OH)_3$(معادل با ۱۰۷ گرم $Fe(OH)_3$) تولید شده و جرم جسم مورد نظر به اندازه ۵۱ = ۵۶ − ۱۰۷ گرم افزایش پیدا می‌کند.

بر این اساس، درصد تغییر جرم را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد تغییر جرم} = \frac{\text{تغییر جرم}}{\text{جرم اولیه}} \times 100 = \frac{51}{100} \times 100 = \text{درصد } 51$$

با توجه به معادلهٔ این واکنش، ابتدا مقدار مول‌های آهن(III) هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,mol\ mol\ Fe(OH)_3 = 1\ mol\ Fe \times \frac{4\ mol\ Fe(OH)_3}{4\ mol\ Fe} = 1\ mol$$

برای محاسبه شمار مول‌های آهن(III) هیدروکسید با استفاده از روش تناسب، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\frac{\text{مول آهن}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول } Fe(OH)_3}{\text{ضریب}} \Longrightarrow \frac{1\ mol\ Fe}{4} = \frac{x\ mol\ Fe(OH)_3}{4} \Longrightarrow x = 1\ mol\ Fe(OH)_3$$

رسوب تولید شده در مراحل خوردگی آهن، بر اساس معادله $2Fe(OH)_3(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2FeCl_3(aq) + 3H_2O(l)$ با هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهد، پس داریم:

$$?\,L\ \text{محلول} = 1\ mol\ Fe(OH)_3 \times \frac{6\ mol\ HCl}{2\ mol\ Fe(OH)_3} \times \frac{1\ L\ \text{محلول}}{1/2\ mol\ HCl} = 2/5\ L$$

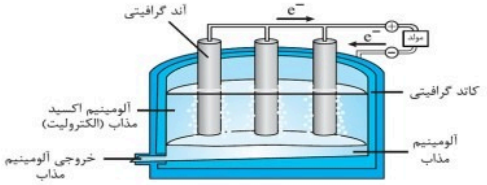
برای محاسبه حجم محلول هیدروکلریک اسید با استفاده از روش تناسب، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\frac{\text{مول } Fe(OH)_3}{\text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} \Longrightarrow \frac{1\ mol\ Fe(OH)_3}{2} = \frac{x\ L\ \text{محلول} \times 1/2\ mol.L^{-1}}{6} \Longrightarrow x = 2/5\ L\ \text{محلول}$$

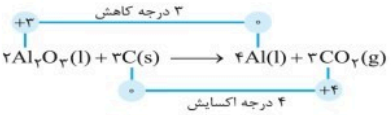
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۶۴ تصویر زیر، نمایی از سلول استفاده شده برای انجام فرایند هال را نشان می‌دهد:



واکنش انجام شده در این سلول به صورت زیر است:



با توجه به معادله این واکنش، به ازای تولید ۴ مول آلومینیم و ۳ مول گاز کربن دی‌اکسید، ۱۲ مول الکترون در مدار خارجی مبادله شده است. بر این اساس، جرم آلومینیم و شمار مول کربن دی‌اکسید تولید شده را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,g\,Al = ۱۶۸\,L\,CO_۲ \times \frac{۱\,mol\,CO_۲}{۲۲/۴\,L\,CO_۲} \times \frac{۴\,mol\,Al}{۳\,mol\,CO_۲} \times \frac{۲۷\,g\,Al}{۱\,mol\,Al} = ۲۷۰\,g$$

طی این فرایند، ۲۷۰ گرم فلز آلومینیم تولید شده است. بر این اساس، شمار اتم‌های هیدروژن موجود در ۲۷۰ گرم ۲-بوتین($C_۴H_۶$) را محاسبه می‌کنیم. در این رابطه، داریم:

$$?\,atom\,H = ۲۷۰\,g\,C_۴H_۶ \times \frac{۱\,mol\,C_۴H_۶}{۵۴\,g\,C_۴H_۶} \times \frac{۶\,mol\,H}{۱\,mol\,C_۴H_۶} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\,atom\,H}{۱\,mol\,H} = ۱/۸۰۶ \times ۱۰^{۲۵}\,atom$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۶۵ فرایند برقکافت منیزیم کلرید مذاب($MgCl_2$)، در یک سلول الکترولیتی انجام شده و برای انجام شدن این واکنش، مقداری انرژی نیز مصرف می‌شود. با توجه به مصرف شدن انرژی برای این فرایند، می‌توان گفت پایداری فراورده‌های تولید شده طی برقکافت منیزیم کلرید کمتر از پایداری واکنش‌دهنده مصرف شده در آن است. فرایند تولید فلز منیزیم از آب دریا به صورت زیر است:

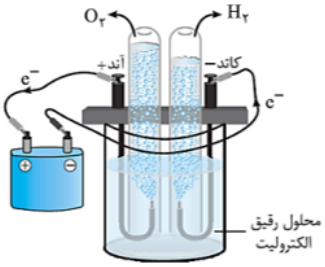


۱ معادلهٔ موازنه شده نیم‌واکنش مورد نظر به صورت $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 7H_2O + 2Cr^{3+}$ بوده و همانطور که مشخص است، ضریب الکترون در این ماده برابر با ۶ می‌شود. توجه داریم که فرمول مولکولی استون به صورت C_3H_6O است.

۲ در سلول گالوانی نقره-هیدروژن، نیم‌سلول هیدروژن در نقش آند بوده و نیم‌واکنش زیر در سمت آند آن انجام می‌شود:

$$H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$$

تصویر زیر نیز سلول الکترولیتی استفاده شده برای برقکافت آب را نشان می‌دهد:

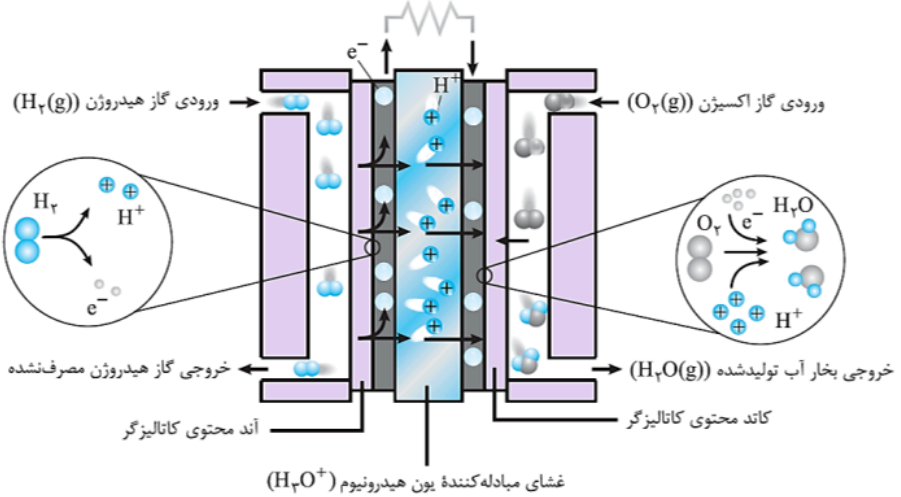


نیم‌واکنش کاتدی (کاهش): $4H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 2H_2(g) + 4OH^-(aq)$

نیم‌واکنش آندی (اکسایش): $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$

چون در آند این دو سلول یون هیدروژن تولید می‌شود، می‌توان گفت محلول موجود در اطراف آند این سلول‌ها خاصیت اسیدی دارد.

۴ رایج‌ترین نوع سلول سوختی، سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن است. تصویر زیر، ساختار این سلول سوختی را نشان می‌دهد:



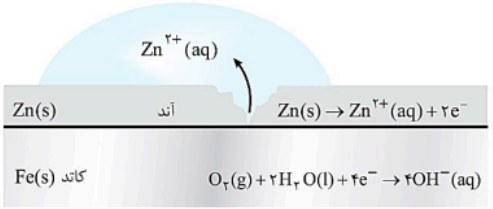
همانطور که مشخص است، در سمت کاتد این سلول گالوانی، گاز O_2 به عنوان گونه اکسنده مصرف شده و مولکول‌های H_2O تولید می‌شوند. در سمت آند این سلول نیز نیم واکنش اکسایش مولکول‌های هیدروژن به یون H^+ انجام می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۶۶ عبارت‌های (آ) و (ت) درست هستند.

آ: به ورقه‌های آهنی که سطح آن‌ها با لایه نازکی از فلز روی پوشیده شده باشد، آهن گالوانیزه یا آهن سفید گفته می‌شود. تصویر زیر، یک قطعه از آهن گالوانیزه که سطح آن خراش برداشته را نشان می‌دهد:



همانطور که مشخص است، در ساختار این ماده عناصر آهن و روی وجود دارند. این دو عنصر، در دسته d تناوب چهارم قرار می‌گیرند. فداکاری فلز روی برای حفاظت از آهن سبب شد تا در صنعت از ورقه‌های گالوانیزه برای ساختن تانکر آب و کانال کولر و ... استفاده شود.

ب: قدرت اکسندگی مولکول‌های اکسیژن در محیط‌های خنثی کمتر از قدرت اکسندگی آن‌ها در محیط‌های اسیدی است. معادله‌های زیر، مربوط به اکسایش اکسیژن در محیط‌های اسیدی و خنثی هستند:

نیم‌واکنش کاهش در محیط خنثی : $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq); E^\circ = +0/40\ V$

نیم‌واکنش کاهش در محیط اسیدی : $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l); E^\circ = +1/23\ V$

همانطور که مشخص است، پتانسیل کاهشی نیم‌واکنش مورد نظر در محیط‌های اسیدی بزرگ‌تر است.

پ: ساده‌ترین راه برای جلوگیری از خوردگی آهن، ایجاد یک پوشش محافظ بر روی آن است. این پوشش‌ها را می‌توان با روش‌هایی مانند رنگ‌زدن، قیراندودکردن و روکش‌دادن ایجاد کرده و از رسیدن اکسیژن و رطوبت به سطح آهن جلوگیری کرد. البته، به کمک چنین روش‌هایی نمی‌توانیم به طور کامل از خوردگی آهن جلوگیری کنیم، زیرا به تدریج اکسیژن و رطوبت از روزنه‌های موجود در این پوشش‌ها به درون آن‌ها نفوذ کرده و به سطح آهن می‌رسند و پس از آن، فرایند خوردگی آهن دوباره آغاز می‌شود. روش دیگری که از آن برای محافظت از خوردگی آهن استفاده می‌شود، حفاظت کاتدی است. 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 اکسایش‌یافتن 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: در زندگی روزانه از وسایل و ابزار گوناگونی مانند وسایل آشپزخانه، شیرآلات ساختمان، دستگیره در و ... استفاده می‌شود که فلز اصلی سازنده آنها آهن یا مس است. خوردگی این فلزها از یک سو سبب از بین رفتن زیبایی وسیله می‌شود و از سوی دیگر به سلامتی بدن آسیب می‌رساند. به همین دلیل، سطح اغلب این وسایل فلزی را به کمک فرایند آبکاری و با فلزهایی مانند نقره، کروم، نیکل و طلا می‌پوشانند. با پوشش دادن به سطح این فلزها، وسایل ساخته شده از آن‌ها در مقابل خوردگی محافظت می‌شوند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۶۷ **مورد اول: درست**

مورد دوم: نادرست؛ با توجه به شکل اتم مس تنها یک الکترون از دست داده است و به Cu^+ تبدیل شده است، پس فرمول شیمیایی فراورده CuF است.

مورد سوم: درست

$$2Cu(s) + F_2(g) \rightarrow 2CuF(s) \sim 2e^-$$

$$1mol\,CuF \times \frac{2mol\,e^-}{2mol\,CuF} \times \frac{6/02 \times 10^{23}\,e^-}{1mol\,e^-} = 6/02 \times 10^{23}\,e^-$$

مورد چهارم: درست

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۶۸

(۱)

$$۲\underbrace{Al}_{\text{کاهنده}}(s)+۳\underbrace{CuSO_۴}_{\substack{\text{اکسنده}\\ Cu^{۲+}}}(aq)\rightarrow Al_۲(SO_۴)_۳(aq)+۳Cu(s)$$

ضریب $CuSO_۴$ به Al برابر $\frac{۳}{۲}$ است.

(۲)

$$۲\underbrace{Mg}_{\text{کاهنده}}(s)+\underbrace{O_۲}_{\text{اکسنده}}(g)\rightarrow ۲MgO(s)$$

ضریب $O_۲$ به Mg برابر $\frac{۱}{۲}$ است.

(۳)

$$\underbrace{Zn}_{\text{کاهنده}}(s)+\underbrace{۲H}_{\substack{\text{اکسنده}\\ H^+}}Cl(aq)\rightarrow ZnCl_۲(aq)+H_۲(g)$$

ضریب HCl به Zn برابر $\frac{۲}{۱}$ است.

(۴)

$$\underbrace{Fe}_{\text{کاهنده}}(s)+\underbrace{Cu}_{\substack{\text{اکسنده}\\ Cu^{۲+}}}SO_۴(aq)\rightarrow FeSO_۴(aq)+Cu(s)$$

ضریب $CuSO_۴$ به Fe برابر $\frac{۱}{۱}$ است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۶۹

$$۳Ca(s)+N_۲(g)\rightarrow Ca_۳N_۲(s)\sim ۶e^-$$

مورد اول: نادرست؛ هر اتم نیتروژن در نقش اکسنده سه الکترون به‌دست می‌آورد نه هر مولکول آن!

مورد دوم: نادرست؛ به ازای تشکیل هر مول فراورده، ۶ مول الکترون مبادله می‌شود.

مورد سوم: نادرست

$$N_۲(g)+۶e^-\rightarrow ۲N^{۳-}(s)$$

حالت فیزیکی فراورده باید جامد باشد.

مورد چهارم: درست

$$Ca_۳N_۲\sim ۶e^-$$

$$\frac{x\,g}{۱۴۸\,g}=\frac{۴/۵۱۵\times ۱۰^{۲۳}}{۶\times ۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}}\Rightarrow x=۱۸/۵$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۷۰

$$۴Al(s)+۳O_۲(g)\rightarrow ۲Al_۲O_۳(s)\sim ۱۲e^-$$

$$Zn(s)+۲HCl(aq)\rightarrow ZnCl_۲(aq)+H_۲(g)\sim ۲e^-$$

$$۲Al_۲O_۳\sim ۱۲e^-$$

$$\frac{x\,g}{۲\times ۱۰۲\,g}=\frac{۴/۸۱۶\times ۱۰^{۲۴}}{۱۲\times ۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}}\Rightarrow x=۱۳۶$$

$$ZnCl_۲\sim ۲e^-$$

$$\frac{x\,g}{۱۳۶\,g}=\frac{۹/۰۳\times ۱۰^{۲۳}}{۲\times ۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}}\Rightarrow x=۱۰۲$$

$$\frac{۱۳۶}{۱۰۲}=۱/۳$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۷۱ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش به‌صورت زیر است:

$$2Al(s)+3Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq)+3Cu(s)$$

جرم کل یون‌های مس موجود در محلول برابر است با:

$$0/5\,L\times 0/2\,mol\cdot L^{-1}\times 64\,g\cdot mol^{-1}=6/4\,g$$

تغییر جرم تیغه براساس معادلهٔ موازنه‌شده برابر است با:

$$(-2\times 27)+(3\times 64)=138\,g$$

جرم تیغه پس از واکنش ۲ درصد افزایش یافته است، یعنی:

$$\frac{2}{100}\times 200\,g=4\,g$$

اکنون می‌توان درصدی از یون‌های مس را که بر سطح تیغه رسوب کرده‌اند، محاسبه نمود:

$$\frac{x\,g}{3\times 64\,g\,Cu^{2+}}=\frac{4\,g}{138\,g}\Rightarrow x=5/56\,g$$

$$\text{درصد یون‌های مس رسوب کرده}=\frac{5/56}{6/4}\times 100=\%86/8$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۷۲ با توجه به شرایط توصیف‌شده، قدرت کاهندگی سه فلز به‌صورت $M>X>D$ است.

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) قدرت کاهندگی فلز X بیشتر از قدرت کاهندگی فلز D ولی کمتر از فلز M است.

۳) کاتیون‌های فلز M در مقایسه با کاتیون‌های فلز X اکسنده‌های ضعیف‌تری هستند.

۴) اگر نیم‌سلول‌های استاندارد فلزهای M و X برای تشکیل سلول الکتروشیمیایی گالوانی به یکدیگر متصل شوند، الکترود M قطب منفی سلول را تشکیل می‌دهد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۷۳

$$CH_4+2H_2O \rightarrow CO_2+8H^++8e^-:\frac{1+8+8}{2}=8/5$$

$$CH_3OH+H_2O \rightarrow CO_2+6H^++6e^-:\frac{1+6+6}{1}=13$$

$$C_2H_6+4H_2O \rightarrow 2CO_2+14H^++14e^-:\frac{2+14+14}{4}=7/5$$

$$C_2H_5OH+3H_2O \rightarrow 2CO_2+12H^++12e^-:\frac{2+12+12}{3}=8/6$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۷۴ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش به‌صورت زیر است:

$$Zn(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow ZnCl_۲(aq) + H_۲(g) \sim ۲e^-$$

$$\frac{?g}{۶۵} = \frac{۴/۸۱۶\times۱۰^{۲۲}}{۲\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}} \Rightarrow ? = ۲/۶$$

$$\text{درصد تغییر جرم تیغه} = \frac{۲/۶}{۷/۸}\times۱۰۰ = ٪۳۳$$

$$Zn \sim H_۲$$

$$\frac{۲/۶g}{۶۵g} = \frac{?mL}{۲۲۴۰۰mL} \Rightarrow ? = ۸۹۶mL$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۷۵ پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلول مس، مقداری مثبت و پتانسیل SHE برابر صفر است. بنابراین:

الف) درست؛ SHE در برابر مس نقش آند را دارد و الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد جریان می‌یابند.

ب) نادرست؛ در نیم‌سلول SHE، گاز هیدروژن به $H^+(aq)$ تبدیل می‌شود و غلظت H^+ افزایش می‌یابد که به اشتباه بیان شده است که pH افزایش می‌یابد.

پ) درست

$$E^\circ_{\text{سلول}} = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} = E^\circ_{\text{مس}} - \text{صفر} = E^\circ_{\text{مس}}$$

ت) نادرست؛ جرم الکترود پلاتین به‌کار رفته در SHE همواره ثابت است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۷۶ بررسی الکترون مبادله‌شده در معادله‌های داده‌شده:

۱) $۳FeCl_۲ + CrCl_۳ \rightarrow ۳FeCl_۳ + Cr$: به‌ازای هر مول کاهنده ($FeCl_۲$) ۱ مول الکترون مبادله می‌شود.

۲) $۲KMnO_۴ + H_۲C_۲O_۴ \rightarrow ۲MnO_۳ + K_۲O + ۲CO_۲ + H_۲O$: به‌ازای هر مول از کاهنده ($H_۲C_۲O_۴$) ۲ مول الکترون مبادله می‌شود.

۳) $Si + ۲H_۲O \rightarrow SiO_۲ + ۲H_۲$: به‌ازای هر مول کاهندهٔ (Si) ۴ مول الکترون مبادله می‌شود.

۴) $N_۲ + ۳H_۲ \rightarrow ۲NH_۳$: به‌ازای هر مول کاهنده ($H_۲$) ۲ مول الکترون مبادله می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۷۷ با توجه به جهت حرکت آنیون‌ها در می‌یابیم که نیم‌سلول آهن، نیم‌سلول آندی است. معادلهٔ کلی واکنش به‌صورت زیر است:

$$Fe(s) + Pb^{۲+}(aq) \rightarrow Fe^{۲+}(aq) + Pb(s) \sim ۲e^-$$

$$\frac{?g}{۵۶g} = \frac{۰/۲۵mol}{۲mol} \Rightarrow ? = ۷$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۷۸ ابتدا چهار پتانسیل داده‌شده را مرتب می‌کنیم:

$$\begin{cases} Pt^{2+} + 2e^- \rightarrow Pt & E^\circ = +1/2V \\ Pd^{2+} + 2e^- \rightarrow Pd & E^\circ = +0/98V \\ Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb & E^\circ = -0/13V \\ Pu^{3+} + 3e^- \rightarrow Pu & E^\circ = -1/97V \end{cases}$$

با توجه به واکنش اول در می‌یابیم که قدرت کاهندگی A از Pd بیشتر است، پس پتانسیل آن باید کمتر از $+0/98$ ولت باشد. با توجه به واکنش دوم در می‌یابیم که قدرت کاهندگی A از Pb کمتر است، پس پتانسیل آن باید بیشتر از $-0/13V$ باشد. با توجه به اعداد پیشنهادی در گزینه‌ها پتانسیل $+0/32V$ بین دو پتانسیل $-0/13V$ و $+0/98V$ قرار دارد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۷۹ ابتدا فرض می‌کنیم که عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن برابر « -2 » است که در صورت درست بودن این فرض باید عدد اکسایش سایر اتم‌ها منطقی باشد، در غیر این صورت عدد اکسایش یک یا چند اتم اکسیژن در ترکیب موردنظر برابر « -2 » نبوده است.

$$Na_2S_2O_8 : 2(+1) + 2S + 8(-2) = 0 \Rightarrow S = +7$$

عدد اکسایش $+7$ برای S قابل‌قبول نیست ($-2 \leq S \leq 6$) پس تمام اتم‌های اکسیژن در این ترکیب عدد اکسایش « -2 » ندارند.

$$SO_3F_2 : S + 3(-2) + 2(-1) = 0 \Rightarrow S = +8$$

عدد اکسایش $+8$ برای S قابل‌قبول نیست. ($-2 \leq S \leq 6$)

$$K_2O_2 : 2K + 2(-2) = 0 \Rightarrow K = +2$$

عدد اکسایش $+2$ برای K قابل‌قبول نیست. ($K = +1$ یا $K = 0$)

$$HOF : H + (-2) + (-1) = 0 \Rightarrow H = +3$$

عدد اکسایش $+3$ برای H قابل‌قبول نیست.

$$RbO_2 : Rb + 2(-2) = 0 \Rightarrow Rb = +4$$

عدد اکسایش $+4$ برای Rb قابل‌قبول نیست. ($Rb = +1$ یا $Rb = 0$)

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۸۰ الف) نادرست؛ نیم‌واکنش کاهش در سلول الکترولیتی در کاتد انجام می‌شود که قطب منفی است.

ب) درست

پ) نادرست؛ جنس الکترودها در سلول الکترولیتی می‌تواند از جنس گرافیت باشد.

ت) نادرست؛ واکنش‌ها در سلول الکترولیتی، غیرخودبه‌خودی هستند.

ث) درست

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۸۱ افزایش غلظت محلول الکترولیت ناشی از تجزیهٔ آب به گازهای هیدروژن و اکسیژن و در نتیجه کاهش مقدار حلال است.

$$۲H_۲O(l) \rightarrow ۲H_۲(g)+O_۲(g)$$

$$٪۲=\frac{?g\ \text{نمک}}{۱۰۰۰g\ \text{محلول}} \Rightarrow ?=۲۰g$$

$$٪۴=\frac{۲۰g\ \text{نمک}}{?g\ \text{محلول}} \Rightarrow ?=۵۰۰$$

پس جرم آب تجزیه‌شده برابر است با:

$$۱۰۰۰-۵۰۰=۵۰۰g$$

تفاوت حجم گازها براساس معادلهٔ واکنش برابر یک مول و ۲۲/۴ لیتر است:

$$\frac{۵۰۰g}{۲\times ۱۸g}=\frac{?L}{۲۲/۴L} \Rightarrow ?\simeq ۳۱۱/۱$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۸۲ معادلهٔ کلی موازنه‌شده زنگ زدن آهن به‌صورت زیر است:

$$۴Fe(s)+۶H_۲O(l)+۳O_۲(g) \rightarrow ۴Fe(OH)_۳(s)$$

مورد اول: نادرست؛ زیرا $\frac{۴+۶+۳}{۴} \neq ۳$

مورد دوم: درست

مورد سوم: درست؛ شمار مول‌های الکترون مبادله‌شده در این واکنش برابر ۱۲ است. معادله مربوط به فرایند هال به‌صورت زیر است.

$$۲Al_۲O_۳+۳C \rightarrow ۴Al+۳CO_۲$$

شمار مول‌های الکترون مبادله‌شده در این واکنش نیز برابر ۱۲ است.

مورد چهارم: نادرست؛ نیم‌واکنش کاهش در فرایند زنگ زدن آهن چنین است:

$$O_۲(g)+۲H_۲O(l)+۴e^- \rightarrow ۴OH^-(aq)$$

معادلهٔ نیم‌واکنش کاهش در سلول سوختی هیدروژن چنین است:

$$O_۲(g)+۴H^+(aq)+۴e^- \rightarrow ۲H_۲O(l)$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۸۳ ۱) نادرست؛ هدف از انجام این فرایند آبکاری قطعه M با روکش نازکی از فلز A است.

۲) نادرست؛ در فرایند آبکاری پتانسیل کاهشی استاندارد الکترودها مهم نیست و هر الکترودی که به قطب مثبت باتری متصل است را آند می‌نامند.

۳) نادرست؛ اگر پتانسیل کاهشی استاندارد فلز M منفی‌تر از فلز A باشد، آنگاه با قطع مدار بیرونی میان تیغهٔ M و محلول $A^{۲+}(aq)$ واکنش رخ می‌دهد.

۴) درست؛ جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی همواره چه در سلول گالوانی و چه در سلول الکترولیتی از آند به کاتد است. در سلول الکترولیتی آند قطب مثبت است و به قطب مثبت باتری متصل می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۸۴ $a)\ Fe(s)+2HCl(aq) \rightarrow H_2(g)+FeCl_2(aq)$

$b)\ FeCl_2(aq)+2NaOH(aq) \rightarrow Fe(OH)_2(s)+2NaCl(aq)$

واکنش «a» با تغییر عدد اکسایش و مبادلهٔ الکترون همراه بوده و الکتروشیمیایی است ولی طی واکنش «b» عدد اکسایش تغییر نمی‌کند.

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) پس از موازنه، مجموع ضرایب مواد در معادلهٔ «b»، ۶ و مجموع ضرایب مواد در معادلهٔ «a» برابر ۵ است.

۲) طی واکنش «b» الکترونی مبادله نمی‌شود.

۴) واکنش «a» را می‌توان در سلول الکتروشیمیایی گالوانی انجام داد ولی واکنش «b» الکتروشیمیایی نیست.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۸۵ با توجه به معادلهٔ واکنش انجام‌شده در سلول سوختی هیدروژن- اکسیژن ($2H_2(g)+O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$) به‌ازای تولید شدن ۲ مول آب، ۴ مول الکترون از مدار بیرونی سلول عبور می‌کند:

$$72\cdot mg\,H_2O \times \frac{1g}{1000mg} \times \frac{1mol\,H_2O}{18g\,H_2O} \times \frac{4mol\,e^-}{2mol\,H_2O} = 0/08\,mol\,e^-$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۸۶ هرچه شمار اتم‌های اکسیژن متصل‌شده به اتم کربن بیشتر باشد، عدد اکسایش مثبت‌تر و هرچه شمار اتم‌های هیدروژن بیشتری به آن متصل باشد، عدد اکسایش منفی‌تری دارد.

در این مولکول یک اتم کربن با عدد اکسایش -3 وجود دارد. (به ۳ اتم هیدروژن متصل است.)

بیشترین عدد اکسایش اتم کربن در این مولکول $+3$ است و ۲ اتم با این عدد اکسایش وجود دارد. (کربن‌هایی که به دو اتم اکسیژن متصل هستند.)

مجموع اعداد اکسایش اتم‌های کربن در این مولکول صفر است:

$$C_9H_8O_4 \rightarrow 9C+8\overset{+1}{H}+4\overset{-2}{O}=0 \Rightarrow 9C=0$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۸۷ حلبی ورقهٔ آهنی پوشانده شده با لایهٔ نازکی از فلز قلع است و در صورت ایجاد خراشی عمیق در سطح آن و قرار گرفتن آن در شرایط مناسب، آهن خورده شده و قلع سالم می‌ماند؛ پس A فلز قلع، B فلز آهن و یون‌های X^{2+} مربوط به فلز آهن هستند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۸۸ معادلهٔ واکنش انجام‌شده به‌صورت زیر است که با توجه به ضرایب مولی مواد طی این واکنش ۶ مول الکترون مبادله می‌شود:

$$3Zn(s)+2Au^{3+}(aq) \rightarrow 3Zn^{2+}(aq)+2Au(s)$$

جرم فلز روی مصرف‌شده و جرم فلز طلای تولیدشده:

$$3/01\times10^{21}e \times \frac{1mol\,e}{6/02\times10^{23}e} \times \frac{3mol\,Zn}{6mol\,e} \times \frac{65g\,Zn}{1mol\,Zn} = 0/1625\,g\,Zn$$

$$3/01\times10^{21}e \times \frac{1mol\,e}{6/02\times10^{23}e} \times \frac{2mol\,Au}{6mol\,e} \times \frac{197g\,Au}{1mol\,Au} = 0/3283\,g\,Au$$

و ۸۰ درصد از فلز طلای تولیدشده (۰/۲۶۲۷ گرم) به تیغهٔ روی می‌چسبد. پس جرم تیغه به‌طور تقریبی به اندازهٔ ۰/۱ گرم افزایش می‌یابد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۸۹ با توجه به جهت حرکت کاتیون‌ها به‌سمت الکترود N در می‌یابیم که نیم‌سلول N، نقش کاتد را دارد.

۱) نادرست؛ پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلول کاتدی در مقایسه با پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلول آندی مقداری بزرگ‌تر و یا مثبت‌تر است. یعنی ممکن است پتانسیل هر دو نیم‌سلول مقداری منفی (یا مثبت) باشد، ولی پتانسیل نیم‌سلول کاتدی بزرگ‌تر و یا نزدیک‌تر به صفر باشد.

۲) نادرست؛ اگر SHE نیم‌سلول کاتدی باشد، آنگاه نیم‌واکنش کاتدی شامل کاهش یون‌های $H^+(aq)$ به $H_2(g)$ است و در این صورت با مصرف یون‌های $H^+(aq)$، pH محلول افزایش می‌یابد.

۳) درست

۴) نادرست؛ برای محاسبهٔ E° سلول باید پتانسیل نیم‌سلول آندی یا M را از پتانسیل نیم‌سلول کاتدی یا N کم کنیم:

$$E^\circ(\text{سلول}) = E^\circ(N) - E^\circ(M)$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۹۰

$$CO(NH_2)_2 \Rightarrow H-\underset{\underset{H}{|}}{N}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{N}-H$$

عدد اکسایش اتم کربن در اوره برابر ۴+ است.

$$C_2H_6O_2 \Rightarrow HO-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-OH$$

مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در اتیلن‌گلیکول برابر ۲− است.

$$C_2H_4O_2 \Rightarrow H-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$$

مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در استیک‌اسید برابر صفر است.

عدد اکسایش اتم As در K_3AsO_4 برابر ۵+ است.

$$\frac{(+4)+(-2)+(0)}{5} = +0/4$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۹۱ بررسی گزینه‌های نادرست:

اول: به جای یون باید الکترون‌ها نوشته شود.

دوم: با دادوستد غیرمستقیم عبارت درست است.

سوم: در این حالت دادوستد الکترون مستقیم است و جریان برق تولید نمی‌شود.

چهارم: براساس قدرت کاهندگی درست است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۹۲

۱) $SO_3^{2-} \rightarrow S:+4$, $SCl_4 \rightarrow S:+4$

۲) $HNO_3 \rightarrow N:+5$, $NO_2^+ \rightarrow N:+5$

۳) $K_2SO_4 \rightarrow S:+6$, $Na_2S \rightarrow S:-2$

۴) $NH_4^+ \rightarrow N:-3$, $NF_3 \rightarrow N:+3$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۹۳ عبارت‌های «اول» و «چهارم» درست هستند.

بررسی عبارت‌های نادرست:

دوم: نیم‌واکنش کاتدی سلول سوختی هیدروژن که با مبادلهٔ ۴ الکترون همراه است: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

سوم:طبق معادله‌های روبه‌رو، مصرف هر مول متان معادل مصرف ۴ مول هیدروژن است.

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \sim 8e^-$$

$$2H_2(g) + O_2 \rightarrow 2H_2O \sim 4e^-$$

$$\Rightarrow \begin{matrix} 4\,mol\,H_2 & \sim 1\,mol\,CH_4 \\ x & 0/5\,mol\,CH_4 \end{matrix} \Rightarrow x = 2\,mol\,H_2$$

پنجم: در سلول سوختی امکان ذخیرهٔ انرژی الکتریکی وجود ندارد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۹۴

$$Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow 2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-}$$

$$2Cr^{3+} + 6e^- \rightarrow 2Cr$$

جرم کروم مصرف شده در آبکاری هزار قطعه $= 0/0104 \times 1000 = 10/4\,g$

$$x\,g\,Cr_2(SO_4)_3\,\text{ناخالص} = 10/4\,g\,Cr \times \frac{1\,mol\,Cr}{52\,g\,Cr} \times \frac{1\,mol\,Cr_2(SO_4)_3}{2\,mol\,Cr} \times \frac{392\,g\,Cr_2(SO_4)_3}{1\,mol\,Cr_2(SO_4)_3} \times \frac{100\,g\,\text{ناخالص}}{80\,g\,\text{خالص}}$$

$$= 49\,g\,Cr_2(SO_4)_3\,\text{ناخالص}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۹۵ جملهٔ اول درست است. در کاتد یا قطب منفی با انجام واکنش زیر و تولید OH^-، محیط بازی شده و کاغذ pH به رنگ آبی در می‌آید:

$$4H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 2H_2(g) + 4OH^-(aq)$$

جملهٔ دوم نادرست است. واکنش قطب منفی یا کاتد در جملهٔ اول آمده است.

جملهٔ سوم درست است. در آند مطابق واکنش زیر اکسیژن تولید می‌شود و در واکنش کلی که جمع دو واکنش است گاز هیدروژن تولیدشده، ۲ برابر اکسیژن حجم دارد:

$$\text{واکنش آندی}: 2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$$

$$\text{واکنش کلی}: 2H_2O(l) \rightarrow \underbrace{2H_2(g)}_{\text{۲ حجم}} + \underbrace{O_2}_{\text{۱ حجم}}\,(g)$$

جملهٔ چهارم درست است. مطابق واکنش‌ها به‌ازای مبادلهٔ ۴ مول الکترون یک مول گاز اکسیژن (۳۲g) و به‌ازای مبادلهٔ یک مول الکترون، $\frac{1}{4}$ مول گاز اکسیژن یا ۸ گرم اکسیژن تولید می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۹۶ الف) درست؛ نیم‌واکنش کاتدی در خوردگی آهن و حلبی شامل کاهش گاز اکسیژن است.

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$$

ب) نادرست؛ نقره‌کلرید ماده‌ای نامحلول است و برای آبکاری مفید نیست.

پ) نادرست؛ در فرایند هال، میله‌های آند گرافیتی با گاز اکسیژن واکنش می‌دهند.

ت) نادرست؛ آهن به‌دلیل داشتن قدرت کاهندگی بیشتر در مقایسه با قلع می‌تواند با قلع (II) واکنش دهد.

ث) درست؛ ورق گالوانیزه، آهنی است که با فلز روی روکش شده است، پس محلول مورد استفاده در سلول آبکاری باید دارای کاتیون‌های روی باشد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۹۷ فرمول کاتیون مولیبدن را به‌صورت Mo^{n+} در نظر می‌گیریم:

نیم‌واکنش کاتدی : $Mo^{n+}(aq)+ne^- \rightarrow Mo(s)$

نیم‌واکنش آندی : $2H_2O(l) \rightarrow 4e^- + 4H^+(aq) + O_2(g)$

برای یکسان کردن ضریب الکترون‌های مبادله‌شده در دو نیم‌واکنش، نیم‌واکنش کاتدی را در عدد ۴ و نیم‌واکنش آندی را در ضریب n ضرب می‌کنیم. در این صورت:

$$4Mo \sim nO_2 \qquad \frac{28/5\,g}{4\times 95\,g} = \frac{3360\,mL}{n\times 22400\,mL} \Rightarrow n=2$$

پس فرمول نمک سولفات به‌صورت $MoSO_4$ است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۹۸

$$\underset{}{Mg} + 2Ag^+ \rightarrow \underset{}{Mg^{2+}} + \underset{\underbrace{+2x}_{0/4mol}}{2Ag} \quad \sim 2e \quad \underset{0/4}{2x} \Rightarrow x = 0/2\,mol\,e^-$$

$$\underbrace{-x}_{0/2mol}$$

جرم تیغهٔ Mg در پایان فرایند $= 100 - 0/2\times 24 = 95/2\,g$

جرم تیغهٔ Ag پس از پایان فرایند $= 100 + 0/4\times 108 = 143/2\,g$

مجموع جرم تیغه‌ها $= 95/2 + 143/2 = 238/4\,g$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۹۹ واکنش کلی خوردگی آهن:

$$4Fe + 3O_2 + 6H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 \sim 12e$$

$$\frac{x}{3\times 22/4} = \frac{10/2}{\underbrace{4\times 51}_{\text{تغییر جرم ناشی از تولید } Fe(OH)_3}} = \frac{x'}{12\times 6\times 10^{23}} \Rightarrow \begin{cases} x' = 3/6\times 10^{23}\,e \\ x = 3/36\,L\,O_2 \end{cases}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۰۰ عبارت‌های ب، پ و ت نادرست‌اند.

آرایش الکترونی عنصرهای A و B به صورت زیر است:

$A:[_{18}Ar]3d^{8}4s^{2}$

$B:1s^{2}2s^{2}2p^{4}$

بنابراین A فلز نیکل و B گاز اکسیژن است. با توجه به شکل، اتم نیکل با از دست دادن دو الکترون از بیرونی‌ترین لایه خود (زیرلایه 4s) به یون Ni^{2+} و اتم اکسیژن با گرفتن این دو الکترون به یون O^{2-} تبدیل شده است.

بررسی موارد:

عبارت الف: گونه A، کاهنده و گونه B، اکسنده است.

نکته فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.

در آرایش الکترونی اتم B (اکسیژن) ۴ الکترون با $l=1$ وجود دارد و در آرایش الکترونی اتم A (نیکل) ۸ الکترون با $l=2$ دیده می‌شود.

بنابراین نسبت موردنظر برابر $\frac{4}{8}=0/5$ است.

عبارت ب: عنصر A همان: $_{28}Ni$ بوده که فلزی از دوره چهارم و گروه دهم و از فلزهای واسطهٔ دستهٔ d جدول دوره‌ای است.

روش دیگر تعیین گروه عنصر: شماره گروه یک عنصر با تفاوت عدد اتمی عنصر با عدد اتمی گاز نجیب قبل از خودش برابر است.

عنصر B، اکسیژن بوده و بعد از فلوئور (F)، دومین عنصری است که بیش‌ترین خصلت نافلزی را دارد.

عبارت پ: واکنش انجام شده به صورت مقابل است:

$2Ni(s)+O_{2}(g)\rightarrow 2NiO(s)$

مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها برابر ۵ است.

عبارت ت: نیم واکنش کاهش انجام شده به صورت مقابل است:

$O_{2}(g)+4e^{-}\rightarrow 2O^{2-}(s)$

در این فرایند به ازای مصرف هر مول گونه اکسنده (O_2)، ۴ مول الکترون مبادله و ۲ مول فراورده (O^{-2}) تولید می‌شود.

عبارت ث: در ترکیب یونی (نمک) حاصل از این واکنش (NiO) شمار کاتیون‌ها و آنیون‌ها با هم برابر است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۰۱ عبارت‌های چهارم و پنجم درست هستند.

بررسی گزاره‌ها:

مورد اول: الکتروشـــیمی افزون بر تهیهٔ مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی (نه گرمایی) می‌تواند در راســـتای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.

مورد دوم: پدیده‌های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می‌دهند که بخشی از این انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه واکنش و محیط پیرامون (نه میان واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌های واکنش) جاری شود.

مورد سوم: در فرایند برقکافت، به دنبال مصرف انرژی، تولید مواد ارزشمند صورت می‌گیرد.

مورد چهارم: در واکنش $Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$، با مصرف یون‌های آبی رنگ $Cu^{2+}(aq)$، از شدت رنگ آبی محلول کاســـته می‌شـــود و در اثر کاهش یون‌های $Cu^{2+}(aq)$، اتم مس تولید می‌شود که روی سطح تیغه آهنی و کف ظرف رسوب می‌کند. مس فلزی سرخ فام است.

با توجه به کاهندگی بیش‌تر اتم آهن در مقایسه با اتم مس، واکنش فوق انجام‌پذیر است. این واکنش گرماده است $(\Delta H < 0)$ و انجام و پیشرفت آن باعث افزایش دمای محلول می‌شود.

مورد پنجم: با توجه به کاهندگی کمتر اتم قلع (Sn) در مقایسه با اتم منگنز (Mn):

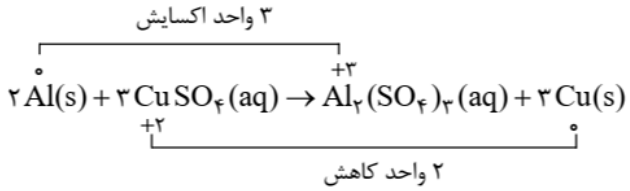
۱) اتم Sn تمایل کمتری به از دست دادن الکترون دارد.

۲) واکنش Sn با دیگر محلول‌های فلزی با تمایل کمتری انجام می‌شود و در صورت انجام‌پذیری، افزایش دمای کمتری اتفاق می‌افتد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۰۲ با قرار گرفتن تیغه از جنس Al درون محلول $CuSO_4$، زیر به طور خودبه‌خودی انجام می‌شود:



بررسی گزینه‌ها:

۱ تغییر جرم تیغه را در دو فاز جداگانه بررسی می‌کنیم:

فاز اول: کاهش جرم تیغه به دنبال مصرف اتم‌های Al:

$$\text{کاهش جرم : } ۰/۵\,L \text{ محلول} \times \frac{۰/۲\,mol\,CuSO_4}{۱\,L \text{ محلول}} \times \frac{۲\,mol\,Al}{۳\,mol\,CuSO_4} \times \frac{۲۷\,g\,Al}{۱\,mol\,Al} = ۱/۸\,g\,Al$$

فاز دوم: افزایش جرم تیغه به دنبال تولید اتم‌های Cu و نشستن ۶۰ درصد آنها روی سطح تیغه:

$$\text{افزایش جرم : } ۰/۵\,L \text{ محلول} \times \frac{۰/۲\,mol\,CuSO_4}{۱\,L \text{ محلول}} \times \frac{۳\,mol\,Cu}{۳\,mol\,CuSO_4} \times \frac{۶۴\,g\,Cu}{۱\,mol\,Cu} \times \frac{۶۰}{۱۰۰} = ۳/۸۴\,g\,Cu$$

بنابراین در اثر انجام این فرایند، جرم تیغه به اندازه $+۲/۰۴ = ۳/۸۴ - ۱/۸$ گرم افزایش می‌یابد.

۲ دقت کنید یون سولفات در انجام این واکنش اکسایش-کاهش نقشی ندارد و مقدار (غلظت) آن ثابت باقی می‌ماند. یون $Cu^{۲+}(aq)$ باعث ایجاد رنگ آبی محلول می‌شود که با انجام فرآیند و کاهش غلظت آن، از شدت رنگ آبی محلول کاسته می شود.

نکته به یون سولفات که در انجام واکنش اکسایش - کاهش شرکت نمی‌کند و مقدار آن ثابت است، یون ناظر یا یون تماشاچی گفته می‌شود. برای سادگی، می‌توان معادله واکنش را با حذف یون‌های ناظر بازنویسی کرد.

$$۲Al(s) + ۳CuSO_4(aq) \rightarrow Al_۲(SO_4)_۳(aq) + ۳Cu(s)$$

$$۲Al(s) + ۳Cu^{۲+}(aq) \rightarrow ۲Al^{۳+}(aq) + ۳Cu(s)$$

۳ بر اساس معادله موازنه شده، ۲ مول اتم Al اکسایش می‌یابد و به $Al^{۳+}$ تبدیل می‌شود. در اثر انجام این فرایند، ۶ مول الکترون میان گونه‌های اکسنده و کاهنده مبادله می‌شود. پس می‌توان غلظت مولی $Al^{۳+}(aq)$ را به صورت زیر محاسبه کرد:

ضریب استوکیومتری عنصر کاهنده (یا اکسنده)	×	زیروند عنصر کاهنده (یا اکسنده)	×	تغییر بار (عدد اکسایش) عنصر کاهنده (یا اکسنده)	=	تعداد الکترون مبادله شده

$$= ۳ \times ۱ \times ۲ = ۶\,mol\,e^-$$

$$\frac{۷/۵۲۵ \times ۱۰^{۲۲}}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} \times ۶} = \frac{M \times ۰/۵}{۲} \rightarrow M \simeq ۰/۰۸۳\,mol.L^{-۱}$$

(۶e⁻ ، ۲Al³⁺)

۴ گونه کاهنده اتم Al و گونه اکسنده یون $Cu^{۲+}$ است.

$$_{۱۳}Al : ۱s^۲ ۲s^۲ ۳p^۶ ۳s^۲ ۳p^۱$$

$$_{۲۹}Cu^{۲+} : ۱s^۲ ۲s^۲ ۲p^۶ ۳s^۲ ۳p^۶ ۳d^۹$$

در یون $Cu^{۲+}$ لایه سوم به زیرلایه $۳d^۹$ ختم شده و این لایه به صورت کامل پر نشده است.

جمع‌بندی: در واکنش فلز M با یون‌های فلز N:

$$n\,M(s) + m\,N^{n+}(aq) \rightarrow n\,M^{m+}(aq) + m\,N(s)$$

- اگر واکنش فوق انجام‌پذیر باشد، می‌توان نتیجه گرفت فلز M از فلز N کاهنده‌تر است و یون N^{n+} از یون M^{m+} اکسنده‌تر است.
- برای نگه‌داری نمک فلز N (شامل یون‌های $N^{n+}(aq)$) نمی‌توان از ظرفی از جنس فلز M استفاده کرد اما برعکس آن امکان‌پذیر است.
- با گذشت زمان، غلظت N^{n+} کاهش و غلظت M^{m+} افزایش می‌یابد و مقدار تغییر غلظت آنها متناسب با ضریب استوکیومتری‌شان است.
- در صورتی که واکنش فوق درون یک ظرف انجام شود و X درصد از فلز N تولید شده روی تیغه M بنشیند، به ازای ضرایب واکنش موازنه شده، تغییر جرم تیغه برابر است با:

$$\left[\text{جرم مولی فلز } M \times \text{ضریب } \frac{X}{\quad}\right] - \left[\quad \text{م مولی فلز } N \times \text{ضریب فلز } N\right]$$

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۰۳ بررسی هر ردیف

ردیف الف: درست

$$\overset{\text{۳ واحد اکسایش}}{\overset{\overset{+۳}{\overset{\overset{\circ}{۲Cr(s)}+۳Sn^{۲+}(aq)\rightarrow Cr^{۳+}(aq)+۳\overset{\circ}{Sn}(s)}{\underset{+۲}{}}}{}}{\underbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad}}}$$

۲ واحد کاهش

$$=۳\times۱\times۲=۶mole^{-}$$

ردیف ب: درست – در واکنش: $۳Fe^{۲+}(aq)\rightarrow ۲Fe^{۳+}(aq)+Fe(s)$، با توجه به اینکه عدد اکسایش $Fe^{۳+}$ از (+۳) به (+۲) رسیده است، دچار کاهش شده و نقش اکسنده را ایفا می‌کند.

ردیف پ: درست – در واکنش: $Ba(s)+P_۴(s)\rightarrow Ba_۳P_۲(s)$، نیم واکنش کاهش به صورت زیر است:

$$\overset{\overset{۳\times۴=۱۲}{\overbrace{\qquad\qquad\qquad}}-۳}{\overset{\circ}{۱P_۴}(s)+۱۲e^{-}\rightarrow ۴P^{۳-}(s)}$$

بنابراین شمار الکترون‌های مصرف شده برای کاهش هر مولکول $P_۴(s)$ برابر ۱۲ است.

نکته نیم‌واکنش‌ها علاوه بر پایستگی جرم، از پایستگی بار نیز پیروی می‌کنند، پس موازنه نیم‌واکنش‌ها باید به صورتی انجام شود که علاوه بر تعداد اتم‌های هر عنصر، مجموع بار الکتریکی گونه‌های باردار و الکترون نیز دو سمت معادله با هم برابر شود.

ردیف ت: نادرست – با توجه به اینکه قدرت کاهندگی اتم Cu بیشتر از اتم Au و قدرت اکسندگی $Au^{۳+}$ بیشتر از $Cu^{۲+}$ است، واکنش: $Au(s)+Cu^{۳+}(aq)\rightarrow Au^{۳+}(aq)+Cu(s)$، به طور طبیعی انجام نمی‌شود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

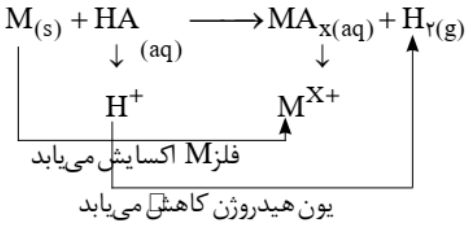
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۰۴ **سرنخ** آخرین فلز واسطه دوره چهارم، فلز روی (Zn) و فرمول شیمیایی هیدروکلریک اسید، HCl است.

توضیح در مورد شکل سوال: در این شکل، اتم‌های روی ($Zn(s)$) با نماد A مشخص شده‌اند. اتم‌های روی در محلول هیدروکلریک اسید (HCl) اکسایش می‌یابند و به یون‌های $Zn^{2+}(aq)$ تبدیل می‌شوند. یون‌های روی بار دو مثبت دارند و آب‌پوشیده هستند؛ به همین دلیل این یون‌ها توسط مولکول‌های آب و از سمت قسمت اکسیژن‌دار آنها احاطه می‌گردند. بدین ترتیب، ذرات E در شکل، نمایش‌دهنده $Zn^{2+}(aq)$ هستند.

ذرات B در شکل که توسط اتم‌های هیدروژن مولکول‌های آب احاطه شده‌اند، در واقع یون‌های کلرید آب‌پوشیده ($Cl^-(aq)$) می‌باشند که حاصل یونش هیدروکلریک اسید در آب هستند.

در اثر انجام این واکنش اکسایش-کاهش میان فلز روی و هیدروکلریک اسید، ضمن اکسایش اتم‌های روی، یون‌های هیدرونیوم موجود در محلول اسید کاهش می‌یابند و به گاز هیدروژن تبدیل می‌شوند. در شکل مشخص شده، ذره C یون هیدروژن ($H^+(aq)$) را نشان می‌دهد و مولکول D همان $H_2(g)$ حاصل از این فرایند است.



بررسی گزینه‌ها

۱ شکل داده شده مربوط به واکنش فلز روی و محلول هیدروکلریک اسید است. نیم واکنش‌های انجام شده به صورت زیر است:

نیم واکنش اکسایش: $\underbrace{Zn}_{A}(s) \rightarrow \underbrace{Zn^{2+}}_{E}(aq) + 2e^-$

نیم واکنش اکسایش: $2\underbrace{H^+}_{C}(aq) + 2e^- \rightarrow \underbrace{H_2}_{D}(g)$

۲ همان‌طور که بالاتر گفته شد، گونه‌های B و E به ترتیب $Cl^-(aq)$ و $Zn^{2+}(aq)$ هستند. با توجه به آرایش الکترونی این یون‌ها، شمار الکترون‌های با $l=1$ در هر دو برابر ۱۲ است.

یون $Cl^-(aq)$ در این واکنش نقش یون ناظر یا تماشاچی را دارد، یعنی اکسنده یا کاهنده نیست و مقدار آن تغییر نمی‌کند. از سوی دیگر، یون $Zn^{2+}(aq)$ فراورده واکنش و حاصل اکسایش گونه کاهنده است و مقدار آن با گذشت زمان و انجام واکنش افزایش می‌یابد.

۳ واکنش انجام شده در ظرف به صورت زیر است: $Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$

از طرفی دیگر، واکنش مخلوط پودری آلومینیم و سدیم هیدروکسید با آب به صورت زیر است:

$Al(s) + NaOH(s) + H_2O(l) \rightarrow NaAl(OH)_4(aq) + H_2(g)$

در هر دو واکنش گاز هیدروژن به عنوان فراورده تولید می‌شود.

تذکر مخلوط پودری آلومینیم و سدیم هیدروکسید نوعی پاک‌کننده خورنده با خاصیت بازی بالا است که برای از بین بردن رسوب چربی در لوله‌ها و ... به کار می‌رود. تولید گاز هیدروژن و آزاد شدن گرمای حاصل از واکنش این پودر با آب، سبب افزایش قدرت پاک‌کنندگی این شوینده خورنده می‌گردد.

۴ در این واکنش، با اکسایش اتم‌های روی و تولید یون‌های $Zn^{2+}(aq)$، غلظت این یون افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، با مصرف اسید، یون هیدرونیوم به عنوان عامل اکسنده کاهش یافته، غلظت آن کم می‌شود و در نتیجه pH محلول نیز به مانند غلظت مولی E افزایش می‌یابد.

$\uparrow pH = -\log\left[H_3O^+\right] \downarrow$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۰۵ جملات الف و ب درست هستند.

با توجه به اینکه واکنش $Cd + Pb^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Pb$ خودبه‌خودی است، قدرت کاهندگی اتم Cd بیشتر از اتم Pb است و هر دو فلز از اتم Cu کاهنده‌تر هستند زیرا با قرار دادن تیغه آنها در محلول $CuSO_4$ واکنش انجام شده و دمای محلول افزایش می‌یابد.

مقایسه قدرت کاهندگی: $Cd > Pb > Cu$

مقایسه قدرت اکسندگی: $Cu^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+}$

بررسی موارد:

عبارت الف: با توجه به کاهنده‌تر بودن کادمیم در مقایسه با سرب، افزایش دمای محلول در واکنش اتم Cd با محلول $CuSO_4$ بیشتر از افزایش دمای ناشی از واکنش اتم Pb با محلول $CuSO_4$ است.

عبارت ب: با توجه به اینکه قدرت کاهندگی اتم مس از اتم‌های کادمیم و سرب کمتر است، واکنش‌های $Pb^{2+} + Cu \rightarrow Pb + Cu^{2+}$ و $Cd^{2+} + Cu \rightarrow Cd + Cu^{2+}$ به صورت خودبه‌خودی انجام‌پذیر نیستند. پس، می‌توان محلول حاوی یون‌های $Cd^{2+}(aq)$ و $Pb^{2+}(aq)$ را در ظروف مسی نگهداری کرد، بدون آن‌که واکنشی میان اتم‌های مس با محلول‌های ذکرشده اتفاق بیفتد.

عبارت پ: در اثر انجام واکنش در ظرف (۲)، یون‌های $Cu^{2+}(aq)$ مصرف و یون‌های $Cd^{2+}(aq)$ تولید می‌شوند. بنابراین برای محاسبه تغییر جرم محلول باید مقدار مصرف $Cu^{2+}(aq)$ و مقدار تولید $Cd^{2+}(aq)$ را از هم کم کنیم.

$$Cd(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(s) + Cd^{2+}(aq) : e_{\text{مبادله شده}} = 2 \times 1 \times 1 = 2$$

$$\text{تغییرات یون‌ها: } 1\,mol\,Cu^{2+} \text{ مصرف و } 1\,mol\,Cd^{2+} \text{ تولید} \Rightarrow \frac{\Delta m}{\underbrace{|-1\times 64 + 1\times 112|}_{\text{افزایش}}} = \frac{1/505\times 10^{23}}{6/02\times 10^{23}\times 2} \Rightarrow \Delta m = 6$$

بنابراین جرم محلول به اندازه ۶ گرم افزایش پیدا می‌کند.

عبارت ت: برای محاسبه درصد تغییر جرم تیغه در هر یک از ظرف‌های (۱) و (۲) به روش زیر عمل می‌کنیم: (جرم اولیه تیغه: m)

ظرف (۱): $1\,mol\,Cu$ تولید و $1\,mol\,Pb$ مصرف $\Rightarrow$ تغییرات: $-(1\times 64) + (1\times 207) = 143 \Rightarrow$ درصد تغییر: $\frac{143}{m}\times 100$

ظرف (۲): $1\,mol\,Cu$ تولید و $1\,mol\,Cd$ مصرف $\Rightarrow$ تغییرات: $-(1\times 64) + (1\times 112) = 48 \Rightarrow$ درصد تغییر: $\frac{48}{m}\times 100$

$$\Rightarrow \text{نسبت خواسته شده: } \frac{\frac{143}{m}\times 100}{\frac{48}{m}\times 100} \simeq 2/97$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۰۶ مقایسه قدرت اکسندگی : $B^{3+} < A^{2+} < D^{2+} < Sn^{2+} < C^{+}$

پاسخ پرسش‌ها:

پرسش الف: با توجه به مقایسه بالا، اکسنده‌ترین کاتیون C^{+} است.

پرسش ب: باتوجه به اینکه قلع کاهنده قوی‌تری نسبت به C است و C^{+} نسبت به Sn^{2+} اکسنده‌تر است، این واکنش به صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود.

پرسش پ: با توجه به اینکه B نسبت به A قدرت کاهندگی بیشتری دارد و بار کاتیون آن +۳ است، این فلز می‌تواند آلومینیم (Al) باشد. دقت کنید اتم طلا کمترین قدرت کاهندگی را بین اتم‌های فلزی دارد.

پرسش ت: با توجه به اینکه بین گونه‌های داده شده، فلز B قوی‌ترین گونه کاهنده است، با $A^{2+}(aq)$ واکنش داده و ظرف دچار تخریب و محلول داخل آن مصرف می‌شود. بنابراین نمی‌توان محلول $A^{2+}(aq)$ را در ظرفی از جنس فلز B نگه‌داری کرد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۰۷ پتانسیل کاهشی استاندارد هیدروژن (H_2 / H^+) برابر صفر ولت است. با توجه به انجام‌پذیر بودن واکنش فلز X با محلول $HCl(aq)$، می‌توان نتیجه گرفت X از H_2 کاهنده‌تر است و این فلز E° منفی دارد. از طرفی قدرت کاهندگی Y از گاز هیدروژن کمتر است.
پس واکنش $Y + X^{x+} \rightarrow$ .... انجام پذیر نیست و برای نگهداری محلول حاوی یون‌های $X^{x+}(aq)$ می‌توان از ظرفی با جنس فلز Y استفاده کرد.

بررسی گزینه‌ها:

۲ اگر قدرت اکسندگی A^{2+} کمتر از B^{2+} باشد، یعنی A در جدول پایین تر از B است $\begin{pmatrix} B \\ A \end{pmatrix}$

از طرفی اگر واکنش $Y + A^{2+} \rightarrow$ ... انجام نشود یعنی Y بالاتر از A بوده است. $\begin{pmatrix} Y \\ A \end{pmatrix}$
از مقایسه دو عبارت فوق خواهیم دید داده‌های این گزینه درمورد مقایسهٔ قدرت کاهندگی B و Y با یکدیگر کم است و نمی‌توان قاطعانه در مورد جدول‌ها نظر داد، در نتیجه مقایسه قدرت کاهندگی قطعی نیست.

۳ در فلزهای واسطه دستهٔ d که در دوره nام جدول تناوبی قرار گرفته‌اند، زیرلایه $(n-1)d$ آخرین زیرلایه‌ای است که الکترون می‌گیرد.
در فلز واسطهٔ A در دوره چهارم، آخرین زیرلایه‌ای که الکترون می‌گیرد، زیرلایه ۳d است. از طرفی در آرایش الکترونی آن تمام زیرلایه‌ها از الکترون پر شده‌اند؛ در نتیجه A همان فلز $_{30}Zn$ است:
$A: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 \rightarrow {}_{30}Zn$

فلز X با تولید یون پایدار X^{3+} به آرایش گاز نجیب نئون (دومین گاز نجیب) رسیده است؛ پس فلز موردنظر Al بوده است.
از آنجا که پتانسیل کاهشی استاندارد Zn از Al بیشتر است، موقعیت این دو عنصر در سری الکتروشیمیایی به صورت زیر خواهد بود:
چون واکنش داده شده به صورت $(\nearrow)$ است، این واکنش انجام نمی‌شود و تغییر دما سربالایی انجام نمی‌شود رخ نمی‌دهد.

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Zn(s)$
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Al(s)$

۴ ابتدا ضریب الکترون را مشخص می‌کنیم

نکته در هر نیم‌واکنش، تغییر عدد اکسایش گونه اکسنده (یا کاهنده) را به عنوان ضریب الکترون قرار می‌دهیم.

$Mn = +7 \xrightarrow{\text{۵ واحد کاهش}} Mn = +2$

$\underbrace{1MnO_4^- + xH^+ + 5e^-}_{\text{موازنهٔ بار: } (-1)+x(+1)+5(-1) \rightarrow +2 \rightarrow x=8} \rightarrow 1Mn^{2+} + 4H_2O \Rightarrow 1MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow 1Mn^{2+} + 4H_2O$

گونه‌های باردار H^+، Mn^{2+} و MnO_4^- هستند که مجموع ضرایب آنها برابر $1+8+1=10$ می‌باشد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۰۸ ابتدا مقدار مول الکترون‌های مبادله شده را به‌ازای دادوستد $۸/۴۲۸\times۱۰^{۲۳}$ الکترون محاسبه می‌کنیم:

$$۸/۴۲۸\times۱۰^{۲۳}\,e^- \times \frac{۱mole^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,e^-} = ۱/۴mole^-$$

بررسی موارد

مورد اول:

$$۲/۸۸g\,Mg \times \frac{۱mol}{۲۴g\,Mg} = ۰/۱۲mol\,Mg$$

واکنش مورد نظر: $۲Mg + O_۲ \rightarrow ۲MgO$

با توجه به استراتژی فوق و اینکه هر اتم منیزیم ۲ واحد اکسایش پیدا کرده است $(Mg \rightarrow Mg^{۲+})$ خواهیم داشت:

$$۰/۱۲mol\,Mg \times \frac{۲mole^-}{۱mol\,Mg} = ۰/۲۴mole^-$$

مورد دوم:

$$۲Al + ۳CuSO_۴ \rightarrow ۱Al_۲(SO_۴)_۳ + ۳Cu$$

هر اتم آلومینیم ۳ الکترون از دست می‌دهد تا به $Al^{۳+}$ تبدیل شود. پس می‌توان نوشت:

$$۱/۲molAl \times \frac{۳mole^-\ \text{مبادله}}{۱mol\,Al} = ۳/۶mole^-$$

مورد سوم:

$$۴K + ۱O_۲ \rightarrow ۲K_۲O$$

هر اتم اکسیژن با گرفتن ۲ الکترون به یون اکسید $(O^{۲-})$ تبدیل می‌شود. بنابراین در اثر کاهش هر مول گاز اکسیژن $(O_۲)$، ۴ مول الکترون میان گونهٔ اکسنده و گونهٔ کاهنده مبادله می‌شود:

$$۱۶g\,O_۲ \times \frac{۱mol\,O_۲}{۳۲g\,O_۲} \times \frac{۴mole^-}{۱mol\,O_۲} = ۲mole^-$$

بنابراین شمار الکترون‌های مبادله‌شده در واکنش‌های موارد دوم و سوم، بیش‌تر از $۱/۴N_A$ می‌باشد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir



www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۱۰ واکنش کلی انجام شده در سلول گالوانی $Zn-Cu$ به صورت زیر است:

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$
(آند: Zn، کاتد: Cu)

نکته در سلول گالوانی و با گذشت زمان، غلظت کاتیون‌های فلز در:

نیم‌سلول آندی ← افزایش می‌یابد.

نیم‌سلول کاتدی ← کاهش می‌یابد.

$$\Delta[Cu^{2+}] = 1M - 0/2M = 0/8M \qquad e^- = 2\times 1 = 2 \text{ (مول } e^- \text{ مبادله شده)}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dfrac{0/8\times 0/5 L Cu^{2+}}{1} = \dfrac{x\, mole^-}{2} \rightarrow x = 0/8\, mol \\ \dfrac{0/8\times 0/5 L Cu^{2+}}{1} = \dfrac{\Delta m_{Zn}}{65\times 1} \rightarrow \Delta m_{Zn} = 26g \end{cases}$$

میزان کاهش جرم تیغه آندی

تذکر با گذشت زمان و در اثر انجام نیم واکنش اکسایش، آند لاغر می‌شود و از جرم آن کاسته می‌شود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۱۱ جملات (پ) و (ت) درست هستند.

طبق گفته سؤال، شیب نمودار تغییر غلظت مولی B^{n+} و Al^{3+} قرینه یکدیگر است؛ یعنی یک نمودار صعودی و نمودار دیگر نزولی اما با قدر مطلق شیب یکسان می‌باشد. از آنجایی که شیب ها قرینه‌اند. می توان نوشت:

$$\left|\frac{\text{شیب نمودار } Al^{3+}}{\text{شیب نمودار } B^{n+}}\right| = |-1| = \frac{3+}{n+} \rightarrow n = 3 \xrightarrow[\text{در نتیجه}]{} B^{3+}$$

اکنون به بررسی عبارت‌ها می‌پردازیم:

مورد الف: از آنجایی که ظرفیت (بار) فلزها برابر است، صرف‌نظر از آنیون (تماشاچی)، واکنش ۲ حالت دارد:

$$Al + B^{3+} \rightarrow Al^{3+} + B \qquad B + Al^{3+} \rightarrow Al + B^{3+}$$

در هر دو حالت فوق، مجموع ضرایب مواد برابر با چهار است.

مورد ب: هیچ گونه اطلاعاتی از E° فلز B نداریم، در نتیجه نمی‌توان قدرت کاهندگی آن را تعیین کرد. مثلاً اگر B فلز طلا (Au^{3+}/Au) باشد، در مقایسه با گاز هیدروژن تمایل کمتری برای از دست دادن الکترون دارد.

مورد پ: با توجه به این نکته که جهت حرکت آنیون‌ها در یک سلول گالوانی از کاتد به سمت آند است، پس در سلول $Al-B$، Al نقش آند و B نقش کاتد را دارد و محلول الکترولیت در نیم‌سلول کاتدی حاوی یون‌های B^{3+} و NO_3^- و محلول الکترولیت در نیم‌سلول آندی شامل یون های Al^{3+} و یک آنیون (مثل SO_4^{2-}) است.

مورد ت: اگر برای نگهداری محلول HCl بتوان از ظرفی با جنس فلز B استفاده کرد، یعنی در سری الکتروشیمیایی، فلز B بالاتر از هیدروژن قرار دارد و $E^\circ(B^{3+}/B) > 0$ بوده است؛ پس در سلول $Al-B$، آلومینیم به علت E° پایین‌تر نقش آند و B نقش کاتد را بر عهده دارد و emf سلول برابر است با:

$$emf = \underbrace{E^\circ_{\text{کاتد}}}_{\substack{\text{باید } E^\circ \text{ بیشتری} \\ \text{داشته باشد}}} - E^\circ_{\text{آند}} = E(B^{3+}/B) - E^\circ(Al^{3+}/Al) = \underbrace{E(B^{3+}/B)}_{>0} - (-1/66)$$

$\Rightarrow$ قطعا emf سلول حاصل از ۱/۶۶ ولت بیشتر می باشد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

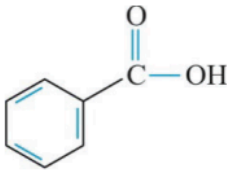
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

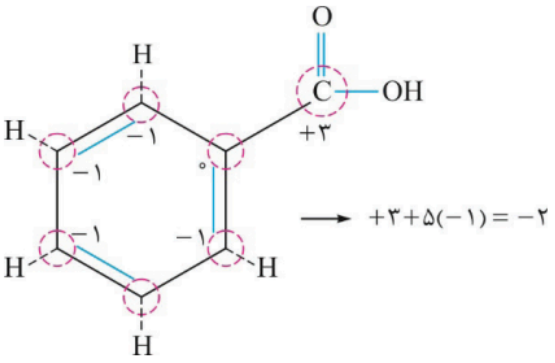
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۱۳ **آ** مواد آروماتیک در ساختار خود شامل حلقه بنزنی هستند، ساده‌ترین اسید آروماتیک از اتصال یک عامل اسیدی آلی $(-COOH)$ به حلقه بنزن به وجود می‌آید.



برای محاسبه عدد اکسایش کربن‌ها می‌توان به دو روش عمل کرد.

روش اول:



روش دوم:

جمع عدد اکسایش کربن‌ها $\rightarrow 6C+6(+1)+2(-2)=0 \rightarrow \boxed{6C=-2}$ فرمول بسته $C_6H_6O_2$

ب

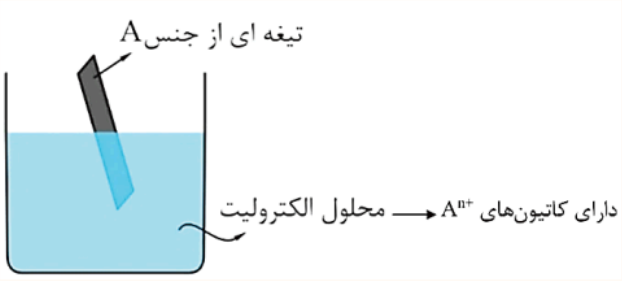
درسنامه

نیم‌سلول‌ها ساختار کلی زیر را دارند.

نیم سلول: تیغه‌ای از جنس یک فلز]مثلاً A[درون محلولی از جنس کاتیون‌های خودش $[A^{n+}]$

$A^{n+} + ne^- \rightleftharpoons A$ واکنش در حال انجام

چون این واکنش تعادلی است تأثیری بر جرم تیغه و غلظت ندارد و آن‌ها ثابت هستند.



شرایط استاندارد نیم‌سلول:

دما ← $25^\circ C$

فشار ← $P = 1atm$

غلظت محلول الکترولیت ← ۱ مولار

در نیم‌سلول SHE، محلول الکترولیت باید H^+ با غلظت $1M$ باشد.

$pH = -\log[H^+] \rightarrow -\log 1 = 0 \rightarrow pH = 0$

پ در میان فلزات لیتیم کمترین E° را دارد.

عنصرشناسی (لیتیم)

- لیتیم اولین فلز گروه قلیایی است (همچنین سبک‌ترین آن‌ها)
- لیتیم واکنش پذیرترین فلز دوره خود است و کمترین واکنش‌پذیری را در گروه خود دارد
- لیتیم چگالی پایینی دارد و کمترین E° را میان فلزات دارد (کاهنده‌ترین).
- از آنجایی که فلز لیتیم کمترین E° را دارد، در هر سلول گالوانی متشکل از (فلز و لیتیم) لیتیم به دلیل کمترین E° ، همواره آند خواهد بود.
- لیتیم کاهنده‌ترین فلز می‌باشد.
- هیچ محلول حاوی کاتیون فلزی را نمی توان در ظرفی از جنس لیتیم نگهداری کرد.

ت در سلول‌های الکترولیتی، جنس آند و کاتد غالباً [illegible] دارترین دگرشکل کربن C می‌باشد.

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۱۴ ابتدا عدد اکسایش هر کدام از عناصر را به دست می‌آوریم.

$$AO_4^- \rightarrow A + 4(-2) = -1 \rightarrow A - 8 = -1 \rightarrow A = +7$$

$$M_2O_4^{2-} \rightarrow M + 4(-2) = -2 \rightarrow M - 8 = -2 \rightarrow M = +6$$

با توجه به نکته بالا فلز A، فلزی واسطه از دوره چهارم در گروه ۷ می‌باشد ← ${}_{25}Mn$ فلز M، فلزی واسطه از دوره چهارم در گروه ۶ می‌باشد. ← ${}_{24}Cr$

مورد اول) شمار e^-های ظرفیتی را از روی آرایش الکترونی به‌دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{array}{l} Mn \text{ آرایش الکترونی} \rightarrow [{}_{18}Ar]3d^5 4s^2 \\ Cr \text{ آرایش الکترونی} \rightarrow [{}_{18}Ar]3d^5 4s^1 \end{array}\right\} \text{تفاوت برابر با یک الکترون است}$$

مورد دوم) مجموع عدد اتمی آن، برابر ۴۹ و (۲۵ + ۲۴) است. در گروه ۱۴ عنصری با عدد اتمی ۴۹ یافت نمی‌شود.

مورد سوم) ${}_{24}Cr$ در آرایش الکترونی خود دارای ۵ الکترون در زیرلایه 3d و ${}_{25}Mn$ در آرایش الکترونی خود دارای ۵ الکترون در زیر لایه 3d است.

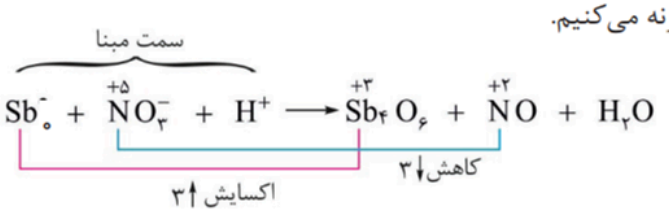
مورد چهارم) باید تعیین کنیم که عنصر موردنظر می تواند ترکیب گفته شده را ایجاد کند یا خیر

✓ $MnO_2 \rightarrow$ چون بیشترین عدد اکسایش آن +۷ است می‌تواند ترکیب AO_2 را ایجاد کرد. $\rightarrow AO_2 \rightarrow A$ عدداکسایش $= 4 \rightarrow$

✓ $Cr_2O_3 \rightarrow$ چون بیشترین عدد اکسایش آن +۶ است می‌تواند ترکیب M_2O_3 را ایجاد کرد. $\rightarrow M_2O_3 \rightarrow M$ عدداکسایش $= +3 \rightarrow$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۱۵ واکنش موردنظر را گام به گام موازنه می‌کنیم.



عدد اکسایش آنتیموان در $Sb_4O_6 \rightarrow 4Sb + 6(-2) = 0 \rightarrow Sb = 3 \leftarrow$

نسبت تغییر اعداد اکسایش«۱» است در نتیجه:

$$1Sb + 1NO_3^- + 1H^+ \rightarrow \frac{1}{4}Sb_4O_6 + 1NO + \frac{1}{2}H_2O$$

سپس تمام ضرایب را در چهار ضرب می‌کنیم.

$$4Sb + 4NO_3^- + 4H^+ \rightarrow Sb_4O_6 + 4NO + 2H_2O$$

جمع ضرایب این واکنش ۱۹ می‌باشد.

شمار e^-های مبادله شده = زیروند آن ۱ × تغییر عدداکسایش ۳ × ضریب اکسنده یا کاهنده ۴ = ۱۲

روش اول:

$$18/3\,gr\,Sb \times \frac{1\,mol\,Sb}{122\,gr\,Sb} \times \frac{12\,mole^-}{4\,mol\,Sb} = 0/45$$

روش دوم:

$$\frac{18/3}{4 \times 122} = \frac{mole^-}{12} \rightarrow mole^- = 0/45$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۱۶ در سلول برقکافت آب، همانند سلول‌های الکترولیتی کاتد قطب منفی و آند قطب مثبت است.

عبارت‌های زیر نیز در میان تمام سلول‌ها مشترک هستند.

مقصد آنیون‌ها ← آند است.

مقصد کاتیون‌ها ← کاتد است.

جهت حرکت e^- ها ← از آند به کاتد است.

نکته در این سلول حجم گاز هیدروژن تولیدی ۲ برابر اکسیژن است (ضریب اکسیژن نصف هیدروژن است.)

در صورت برابر بودن مساحت قاعده‌ها ← $h_2 = 2h_1$

آفرود محلول الکترولیت استفاده شده در سلول برقکافت آب باید به گونه‌ای باشد که

الف) آنیون آن در آند از آب برنده نشود به دیگر بیان E° مربوط به آنیون از E° آب کمتر نباشد.

ب) کاتیون آن در کاتد از آب برنده نشود به دیگر بیان E° مربوط به کاتیون از E° آب بیشتر نباشد.

نکته در صورتی که جنس آند و کاتد از فلز باشد، در آند ممکن است که به جای آب فلز اکسایش یابد.

۱ مقدار الکترولیت اضافه شده به سلول اندک است. بخش اول گزینه درست است. و علت افزودن الکترولیت رسانایی اندک آب خالص است.

آفرود دلیل اندک بودن مقدار این است که در بعضی موارد با تغییر غلظت، برنده و بازنده در واکنش‌های آندی و کاتدی تغییر می‌کند. در واقع غلظت بر روی E° تأثیر می‌گذارد.

۲ اگر pH به کمتر از ۷ برسد نتیجه خواهیم گرفت که محیط اسیدی بوده است.

نیم واکنش کاتدی: $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + 1H_2$

نیم واکنش آندی: $2H_2O \rightarrow 4e^- + 4H^+ + 1O_2$

محیط اسیدی اطراف سلول آندی است اما گاز بیشتر در اطراف سلول کاتدی است (گاز H_2)

۳ بر اساس درسنامه گفته شده می‌دانیم که شمار e^- مبادله شده برابر با ۴ است.

$$\text{عدد } e^- \times \frac{1\text{mole}^-}{6/02\times10^{23}e^-} \times \frac{1\text{mol}O_2}{4\text{mole}^-} \times \frac{32\text{g}}{1\text{mol}O_2} = 9/6\text{g}$$

روش دوم:

$$\frac{7/224\times10^{23}}{6/02\times10^{23}\times4} = \frac{x\text{g}}{1\times32} \rightarrow x\text{g} = 9/6\text{g}$$

۴ جهت حرکت $4e^-$ در هر نوع سلولی از آند به کاتد است. اما در سلول‌های الکترولیتی آند قطب مثبت و کاتد قطب منفی است. دقت کنید که جرم الکترودهای گرافیتی در طول زمان تغییر نمی‌کند.

آفرود در صورتی که جنس الکترودها، فلزی باشد در آند جرم تیغه کاهش می‌یابد.

هم چنین نوع الکترولیت استفاده شده نیز می‌تواند بر جرم تأثیر بگذارد.

موارد فوق را در حالت عادی در نظر نگیرید عموماً در مواردی که تست به جواب نمی‌رسید از آن‌ها استفاده کنید.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۱۷ ابتدا واکنش‌ها را مشخص می‌کنیم.

$$NaNO_3,\ H_2O \begin{cases} \text{کاتد} \begin{cases} Na^+ \\ H_2O \rightarrow \text{برنده} \rightarrow 2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + 1H_2 \end{cases} \\ \text{آند} \begin{cases} NO_3^- \\ H_2O \rightarrow \text{برنده} \rightarrow 2H_2O \rightarrow 4e^- + 4H^+ + 1O_2 \end{cases} \end{cases}$$

در نتیجه واکنش انجام شده همان برقکافت آب است. ابتدا شمار e^-ها را به دست می‌آوریم.

$$77200q \times \frac{1mole^-}{96500q} = 0/8mole^-$$

از طرفی می‌دانیم که شمار e^- مبادله $4mol$ است در نتیجه:

$$0/8mole^- \times \frac{(2molH_2 - 1molO_2)}{4mole^-} \times \frac{22400mol}{1mol\ گاز} = 4480mol\ گاز$$

روش دوم:

$$\frac{V\ اختلاف\ حجم}{(2molH_2 - 1molO_2)22400} = \frac{0/8}{4mole^-} \rightarrow V = 4480mol$$

بخش دوم: از آنجایی که در کاتد و آند، آب مصرف می‌شود جرم $NaNO_3$ تغییر نمی‌کند اما مقدار آب کاهش پیدا می‌کند.

$$\text{درصد جرمی} = \frac{NaNO_3\ \text{جرم}\ (\text{ثابت})}{\text{جرم محلول}\ (\text{کاهش می‌یابد})} \times 100 \rightarrow \text{درصد جرمی} \uparrow$$

ابتدا جرم نمک $NaNO_3$ و آب را جداگانه حساب می‌کنیم:

$$2 = \frac{NaNO_3\ \text{جرم}}{500} \times 100 \rightarrow NaNO_3\ \text{جرم} = 10g$$

$$\text{جرم آب} = \text{جرم محلول} - NaNO_3\ \text{جرم} = 500 - 10 = 490g$$

سپس میزان جرم آب مصرفی را حساب می‌کنیم:

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

$$0/8mol \times \frac{2molH_2O}{4mole^-} \times \frac{18g}{1molH_2O} = 7/2g\ آب$$

$$\text{جرم آب باقی‌مانده} = 490g - 7/2g = 482/8g \rightarrow \text{جرم محلول} \overbrace{482/8}^{\text{جرم آب}} + \overbrace{10}^{\text{جرم نمک}} = 492/8g$$

در نهایت درصد جرمی را محاسبه می‌کنیم

$$\text{درصد جرمی} = \frac{10g}{492/8g} \times 100 \simeq 2/03$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۱۸ موارد الف و ت درست هستند.

الف مطابق با درسنامه گفته شده نیم واکنش‌های انجام شده به صورت زیر هستند.

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O \qquad E^\circ = 1/23V$$

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^- \qquad E^\circ = 0/4V$$

در هر دو واکنش گفته شده، مقدار ضریب e^- برابر با چهار است.

ب واکنش کلی به‌صورت زیر است.

$$4Fe + 6H_2O + 3O_2 \rightarrow 4Fe(OH)_3 \ (12mole^-)$$

در این واکنش $4Fe \sim 4Fe(OH)_3$ افزایش جرم به ازای مصرف ۴ مول از آن برابر با جرم ۱۲ مول (OH^-) است.

$$1/5molO_2 \times \frac{4molFe}{3molO_2} \times \frac{12molOH}{4molFe} \times \frac{17gr}{1molOH} = 6 \times 17 = 102gr$$ افزایش جرم

پ در سلول گالوانی حاصل از آهن گالوانیزه فلز روی اکسایش یافته و به عنوان آند سلول است. از طرفی چون واکنش کاهش در سطح تیغه آهن انجام می شود فلز آهن کاتد خواهد بود.

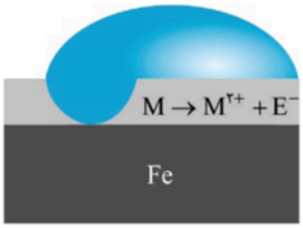
قطب مثبت سلول گالوانی ← کاتد ← آهن

فلزی که دارای یک عدد اکسایش است، فلز روی می‌باشد که آند و قطب منفی سلول است.

ت با توجه به شکل در تماس فلز Fe با M، فلز M اکسایش یافته و از آهن محافظت شده در نتیجه فلز M، E° کمتری داشته است.

$$E^\circ(M^{2+}/M) < E^\circ(Fe^{2+}/Fe)$$

از طرفی می‌دانیم که $E^\circ(Cu^{2+}/Cu) > E^\circ(Fe^{2+}/Fe)$ می‌باشد در نتیجه:



$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

$$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$$

$$M^{2+} + 2e^- \rightarrow M$$

با تولید گرما و افزایش دمای محلول همراه است. ← این واکنش انجام‌پذیر است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۱۹ آ) در سلول‌های الکترولیتی الکترودها غالباً هم جنس و از جنس گرافیت هستند. اما در سلول هال، الکترود آند در واکنش شرکت می‌کند و جرم الکترود گرافیتی کاهش می‌یابد.

ب) در سلول هال، Al مذاب را از قسمت انتهایی سلول جمع‌آوری می‌کنند در صورتی که علاوه‌بر $Al(l)$ ، $Al_2O_3(l)$ نیز در سلول وجود دارد. اگر میان دو مایع یک مایع پایین‌تر باشد چگالی آن بیشتر است. در نتیجه چگالی Al < چگالی Al_2O_3 می‌باشد.

پ) واکنش کلی انجام شده به صورت زیر است.

$$2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 3CO_2 + 4Al \sim 12mole^-$$

در این واکنش $2Al_2O_3(l)$ به $4Al(l)$ تبدیل شده است. در واقع مواد مذاب موجود در این واکنش در حضور اکسیژن یا نبودن آن با هم تفاوت دارند و به‌ازای هر ۲ مول Al_2O_3، ۶ مول اکسیژن از این ترکیب خارج شده است و به حالت گاز درآمده (کاهش جرم مواد مذاب) در نتیجه خواهیم داشت:

$$8mole^- \times \frac{2molAl_2O_3}{12mole^-} \times \frac{6molO}{2molAl_2O_3} \times \frac{16gr}{1molO} = 64gr \quad \text{کاهش جرم}$$

ت) در واکنش کلی انجام شده مجموع ضرایب مواد برابر با ۱۲ است و برابر با شمارمول الکترون‌های مبادله شده است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۲۰ مطابق با استراتژی گام به گام پیش می‌رویم:

گام اول:

در آبکاری $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au\,(3mole^-)$

در سلول سوختی $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

گام دوم: سپس e^- های مبادله شده در سلول سوختی را حساب می‌کنیم.

$$56\cdot LCH_4 \times \frac{1molCH_4}{22/4L} \times \frac{8mole^-}{1molCH^4} \times \underbrace{\frac{60}{100}}_{\text{بازده}} = 120mole^-$$

گام سوم: سپس این میزان e^- را برابر با e^- های واکنش آبکاری می‌گذاریم.

$$120mole^- \frac{1molAu}{3mole^-} \times \frac{197gr}{1molAu} \times \underbrace{\frac{3}{4}}_{\text{بازده}} = 5910gr$$

سپس تعداد گلدان‌ها را به دست می‌آوریم.

$$5910gr \times \frac{1\text{گلدان}}{11/82kg} \times \frac{1mg}{10^{-4}gr} = 500/000$$

میانبر: می‌توانید در این تیپ سؤال از اول واکنش‌ها را هم e^- کنید

$$\left.\begin{array}{l} Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au(3mole^-) \\ CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O\,(8mole^-) \end{array}\right\} \begin{array}{l} \times 8 \\ \times 3 \end{array} \begin{array}{l} 8Au^{2+} + 24e^- \rightarrow 8Au \\ 3CH^4 + 6O_2 \rightarrow 3CO_2 + 6H_2O \end{array}$$

پس مستقیماً میان متان و طلا تناسب می‌نوشتیم.

$$\Rightarrow 60L \times \frac{1molCH_4}{22/4L} \times \frac{8molAu}{3molCH_4} \times \frac{197gr}{1molAu} \times \underbrace{\frac{75}{100} \times \frac{60}{100}}_{\text{بازده دو واکنش}} = 5910gr\,Au$$

ادامه مسیر مشابه قبل است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۲۱

۱ در سلول گالوانی آلومینیم روی از آنجایی که $E^\circ(Zn^{2+}/Zn)$ بیشتر است کاتد خواهد و Al آند خواهد بود. دراین صورت غلظت Al^{3+} به مرور افزایش می‌یابد و نمودار N^{3+} که نزولی است نمی‌تواند Al باشد.

۲ مطابق با نمودار M آند و N کاتد است نتیجه این است که $E^\circ(M^{2+}/M) > E^\circ(N^{3+}/N)$ می‌باشد. با این نتیجه هیچ اطلاعاتی در مورد جای قرارگیری و اندازه E° آن‌ها نخواهیم داشت پس نمی‌توان در مورد emf اظهارنظر کرد.

۳ با گذشت زمان در یک سلول گالوانی جرم کاتد افزایش و جرم آند کاهش می‌یابد. در نتیجه جرم تیغه M کاهش و جرم تیغه N افزایش خواهد یافت.

۴

گام اول:

$$\text{بار الکتریکی} \leftarrow q = n \times e \rightarrow \text{بار الکترون} = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$$

$$\text{تعداد الکترون}$$

$$۳۸۴۰۰\times\frac{۱e^-}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = ۲۴۰۰۰\times۱۰^{۱۹} = ۲۴\times۱۰^{۲۲} = ۲/۴\times۱۰^{۲۳} \quad \text{تعداد الکترون مبادله‌شده}$$

$$۲/۴\times۱۰^{۲۳}\times\frac{۱mole^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}} \simeq ۰/۴mole^- \quad \text{مبادله‌شده}$$

گام دوم: فرم کلی واکنش به صورت $۲N + ۳M \rightarrow ۳M^{2+} + ۲N^{3+}$ می‌باشد. و شمار e^-های مبادله شده برابر ۶mol خواهد بود. اکنون طبق استوکیومتری خواهیم داشت.

روش اول:

$$۰/۴mole^-\times\frac{۲molN^{3+}}{۶mole^-} = \frac{۰/۴}{۳}molN^{3+} = \frac{۴}{۳۰}molN^{3+}$$

از آنجایی که حجم ثابت است غلظت با مول حل شونده رابطه مستقیم دارد و از آنجایی که $\frac{۴}{۳۰}mol$ از N^{3+} مصرف شده است غلظت این ماده نصف نشده است.

روش دوم:

$$\frac{\text{شمار مول } e^-}{\text{ضریب } e^-} = \frac{M_{N^{3+}}\times V}{\text{ضریب}} \rightarrow \frac{۰/۴}{۶} = \frac{M_{N^{3+}}\times V}{۲}$$

$$M_{N^{3+}}\times V = \frac{۰/۴}{۳} = \frac{۴}{۳۰} \Rightarrow$$ برای آنکه نصف شود میزان تغییر بایستی $\frac{۱۵}{۳۰}$ می بود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۲۲ بیشترین ولتاژ قابل ایجاد مربوط به سلول نقره – منگنز و کمترین ولتاژ قابل ایجاد مربوط به سلول روی – منگنز می‌باشد.

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \rightarrow \begin{cases} emf_{max} = ۰/۸ - (-۱/۱۸) = ۱/۹۸ \\ emf_{min} = -۰/۷۶ - (-۱/۱۸) = ۰/۴۲ \end{cases} \rightarrow \frac{emf_{max}}{emf_{min}} \approx ۴/۷۱$$

با توجه به اینکه در یک سلول گالوانی کاتد پتانسیل کاهشی بیشتری از آند دارد پس اگر در یک سلول گالوانی کاتد مس باشد آند نمی‌تواند فلز نقره باشد.

نکته هر چه E° گونه‌ای در سری الکتروشیمیایی مثبت‌تر باشد، اکسنده قوی‌تری است و تمایل بیشتری به گرفتن الکترون (کاهش) دارد.

هر چه E° گونه‌ای در سری الکتروشیمیایی منفی‌تر باشد، کاهنده قوی‌تری است و تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون (اکسایش) دارد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۲۳ **روش اول:**

گام اول: معادله واکنش فلز M با یون نقره را می‌نویسیم و آن را موازنه می‌کنیم: $M(s) + nAg^+(aq) \rightarrow M^{n+}(aq) + nAg(s)$

گام دوم: تغییر جرم تیغه درواکنش کلی برابر است با:

جرم فلز M مصرف شده – جرم ۷۵٪ اتم‌های نقره تولید شده = تغییر جرم تیغه

$$\text{تغییر جرم تیغه} = n \times \frac{۲۷}{۱۰۸} \times \frac{۷۵}{۱۰۰} - ۱ \times M = ۸۱n - M$$

در این آزمایش، تغییر جرم تغییر برابر با ۱/۲۵ گرم است.

گام سوم: تغییر جرم: $۸۱n - Mg$

$$\frac{۰/۲\frac{mol}{L}Ag^+ \times \frac{۲۵۰}{۱۰۰۰}L}{\frac{n}{۴}} = \frac{۱/۲۵g}{۸۱n - Mg} \Rightarrow \frac{۰/۲ \times \frac{۱}{۴}}{\frac{n}{۵}} = \frac{۱}{۸۱n - M} \Rightarrow ۲۵n = ۸۱n - M \Rightarrow M = ۵۶n$$

روش دوم:

$$\text{تغییر جرم تیغه در معادله} = -(۱ \times M) + (n \times ۱۰۸ \times \frac{۷۵}{۱۰۰}) = -M + ۸۱n$$

تغییر جرم تیغه در آزمایش برابر است با: $\frac{۲/۵}{۱۰۰} \times ۵۰g = ۱/۲۵g$

$$\frac{(n)mol\,Ag^+}{۰/۲۵۰L \times ۰/۲M} = \frac{(۸۱n - M)g}{۱/۲۵g} \Rightarrow ۲۵n = ۸۱n - M \Rightarrow M = ۵۶n$$

قدرت کاهندگی فلز Au کمتر از Ag است و با آن واکنش نمی‌دهد. نسبت $\frac{M}{n} = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{ظرفیت}}$ برای دو فلز Al و Zn به ترتیب برابر $\frac{۲۷}{۳}$ و $\frac{۱۱۲}{۲}$ است. پس فلز M کادمیم است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۲۴ **بررسی موارد**

مورد آ: با توجه به جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی، می‌توان گفت الکترود M آند و الکترود A کاتد است. همانطور که می‌دانید، پتانسیل کاهشی آند از کاتد منفی‌تر است اما این به آن معنا نیست که پتانسیل کاهشی کاتد عددی مثبت است بلکه می‌تواند عددی منفی باشد.

مورد ب: آنیون‌های نیترات هستند که از دیواره متخلخل عبور می‌کنند نه یون‌های سولفات!

نکته **دیوارهٔ متخلخل دارای نقش‌های زیر است:**

- از مخلوط شدن سریع و مستقیم دو الکترولیت جلوگیری می‌کند.
- به دلیل داشتن ساختار متخلخل امکان عبور یون‌ها را مهیا می کند و به بسته شدن مدار الکتریکی و انتقال جریان در محلول از طریق جابه‌جایی یون‌ها کمک می کند.
- جابه جایی یون‌ها در دو سمت دیواره به آهستگی از یک ظرف به ظرف دیگر صورت می‌گیرد. (کاتیون به سمت کاتد و آنیون به سمت آند جابه‌جا می‌شود)
- دیوارهٔ متخلخل اجازه نفوذ و عبور به برخی از یون‌ها را می‌دهد.

مورد پ: آنچه در سلول استاندارد اهمیت دارد غلظت یون‌های محلول است نه مول آنها!

مورد ت: از آنجایی که ترکیب یونی فلز M به‌صورت MSO_4 است، می توان گفت یون فلز M دارای ۲ بار مثبت است و به همین ترتیب کاتیون فلز A نیز یک بار مثبت است. (ANO_3)

پس واکنش کلی سلول به‌صورت $M(s)+2A^+(aq)\rightarrow M^{2+}(aq)+2A(s)$ است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۲۵ **گام اول:** واکنش برقکافت سدیم کلرید مذاب را می‌نویسیم:

$$2Na^+(l)+2Cl^-(l)\rightarrow 2Na(l)+Cl_2(g)$$

گام دوم: مقدار مول سدیم تولید شده را با استفاده از تعداد الکترون مبادله شده محاسبه می‌کنیم:

$$2mol\,Na\sim 2mol\,e^-$$

$$\frac{mol\,Na}{2}=\frac{4/51\times 10^{24}}{6/02\times 10^{23}\times 2}\simeq\frac{4/5}{60}=\frac{3}{40}mol\,Na$$

گام سوم: غلظت محلول هیدروبرمیک اسید را با استفاده از pH آن محاسبه می‌کنیم:

$$pH=-\log\left[H^+\right]\Rightarrow 1/6=-\log\left[H^+\right]\Rightarrow\left[H^+\right]=10^{-1/6}=10^{-1}\times\frac{10^{-0/6}}{\left((10^{0/3})^2\right)^{-1}}$$

چون HBr یک اسید قوی است؛ پس می‌توان گفت: $[HBr]=\left[H^+\right]$

$$\Rightarrow\left[H^+\right]=\frac{1}{40}mol.L^{-1}$$

گام چهارم: معادله واکنش فلز سدیم با هیدروبرمیک اسید را می‌نویسیم:

$$2Na+2HBr\rightarrow 2NaBr+H_2$$

گام پنجم: مقدار هیدروبرمیک مورد نیاز برای واکنش کامل با سدیم به‌دست آمده از واکنش اول را حساب می‌کنیم:

$$2mol\,Na\sim 2mol\,HBr$$

$$\frac{\frac{3}{40}mol\,Na}{2}=\frac{\frac{1}{40}\frac{mol}{L}HBr\times V}{2}\Rightarrow V=3lit\ \ HBr$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud

۱۲۶ به طور کلی واکنشی از نوع اکسایش – کاهش است که در آن گونه‌ها تغییر عدد اکسایش داشته باشند.

گام اول: هر واکنش را از نظر کسایش – کاهش بودن بررسی می‌کنیم:

$$a)\ \underset{۴}{\underline{Mn}}O_۲ + H\underset{-۱}{\underline{Cl}} \rightarrow \underset{+۲}{\underline{Mn}}Cl_۲ + \underset{۰}{\underline{Cl_۲}} + H_۲O$$

واکنش a اکسایش – کاهش است.

نکته معمولاً واکنش‌هایی که یک عنصر در آنها هم به‌صورت ترکیب و هم به‌صورت آزاد وجود دارد، از نوع اکسایش - کاهش هستند. برای مثال در مورد $Cl_۲$ ،a هم در ترکیب با هیدروژن (HCl) و هم به‌صورت آزاد ($Cl_۲$) دیده می‌شود پس این واکنش از نوع اکسایش - کاهش است.

$$b)\ H\underset{+۵}{\underline{N}}O_۳ + H_۳\underset{+۳}{\underline{AS}}O_۳ \rightarrow \underset{+۲}{\underline{N}}O + H_۳\underset{+۵}{\underline{AS}}O_۴ + H_۲O$$

واکنش b اکسایش – کاهش است.

$$c)\ Ca_۵F(\underset{+۵}{\underline{P}}O_۴)_۳ + H_۲\underset{+۶}{\underline{S}}O_۴ \rightarrow Ca(H_۲\underset{+۵}{\underline{P}}O_۴)_۲ + Ca\underset{+۶}{\underline{S}}O_۴ + H\underset{-۱}{\underline{F}}$$

در واکنش c عدد اکسایش هیچ کدام از عناصر تغییر نکرده پس این واکنش از نوع اکسایش – کاهش نیست.

$$d)\ H_۲\underset{+۶}{\underline{S}}O_۴ + H\underset{-۱}{\underline{I}} \rightarrow H_۲\underset{-۲}{\underline{S}} + \underset{۰}{\underline{I_۲}} + H_۲O$$

واکنش d اکسایش – کاهش است.

گام دوم: واکنش‌های اکسایش – کاهش را موازنه می‌کنیم:

$$a)\ ۱MnO_۲ + ۴HCl \rightarrow ۱MnCl_۲ + ۱Cl_۲ + ۲H_۲O$$

۵= حاصل جمع ضرایب گونهٔ اکسنده و کاهنده

$$b)\ ۲HNO_۳ + ۳H_۳ASO_۳ \rightarrow ۲NO + ۳H_۳ASO_۴ + ۱H_۲O$$

۵= حاصل جمع ضرایب گونهٔ اکسنده و کاهنده

$$d)\ ۱H_۲SO_۴ + ۸HI \rightarrow ۱H_۲S + ۴I_۲ + ۴H_۲O$$

۹= حاصل جمع ضرایب گونهٔ اکسنده و کاهنده

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۲۷ همه موارد امکان پذیر هستند.

بازهٔ تغییرات عدد اکسایش یک اتم نافلز از کمترین تا بیشترین مقدار ممکن نشان می‌دهد که تمام عددهای صحیح و حتی کسری قرار گرفته در این بازه را می‌توان به عنوان عدد اکسایش یک اتم در یک ترکیب مورد قبول قرار دارد. برای مثال عدد اکسایش اتم S در یونی به فرمول $S_4O_6^{2-}$ برابر ۲/۵+ است که در بازهٔ $[-3,\ldots,+6]$ قرار می‌گیرد.

گام اول: با توجه به درسنامه بالا عدد اکسایش یک یون برابر با بار یون است، از طرفی چون فلز M با اکسیژن، ترکیب یونی M_2O را تشکیل می دهد. پس عدد اکسایش فلز M، ۱+ است.

درسنامه

فرمول نویسی ترکیبات یونی

هر ترکیب یونی از نظر بار الکتریکی خنثی است، زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها با مجموع بار الکتریکی آنیون‌ها برابر است. از این ویژگی می توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیبات یونی دوتایی استفاده کرد.

با توجه به درسنامه، نافلز X در ترکیب X_2O_5 دارای عدد اکسایش ۵+ است که طبق گفته صورت سوال، بیشترین عدداکسایش این نافلز است، پس بازه تغییرات عدداکسایش این نافلز از ۳- تا ۵+ است.

گام دوم: در ترکیبات ذکر شده عدد اکسایش اتم‌های M و X را محاسبه می‌کنیم، اگر عدد اکسایش به‌دست آمده برای فلز M برابر با ۱+ و برای نافلز X در بازه ۳- تا ۵+ قرار داشته باشد، امکان تشکیل آن ترکیب وجود دارد:

$M_2O_2 \rightarrow M^+, O_2^{2-} \rightarrow$ عدد اکسایش فلز $M = +1$ ← امکان‌پذیر است

$MI \rightarrow M^+, I^- \rightarrow$ عدد اکسایش فلز $M = +1$ ← امکان‌پذیر است

$CH_3COOM \rightarrow CH_3COO^-, M^+ \rightarrow$ عدد اکسایش فلز $M = +1$ ← امکان‌پذیر است

$M_3\underbrace{\underline{Al}\underline{F_6}}_{-3} \rightarrow M^+, (AlF_6)^{3-} \rightarrow$ عدد اکسایش فلز $M = +1$ ← امکان‌پذیر است

$\underset{+2}{\underline{X_2}}\ \underline{O_{-2}} \rightarrow \frac{+2}{2} = +1 =$ عدد اکسایش نافلز X ← در بازه ۳- تا ۵+ قرار دارد ← امکان‌پذیر است

$\underset{+6}{\underline{X_2}}\ \underline{O_{-6}} \rightarrow \frac{+6}{2} = +3 =$ عدد اکسایش نافلز X ← در بازه ۳- تا ۵+ قرار دارد ← امکان‌پذیر است

$\underset{+1}{X\underbrace{H_4}_{+4}}\ \underline{Cl_{-1}} \rightarrow (+1) - (+4) = -3$ عدد اکسایش نافلز X ← در بازه ۳- تا ۵+ قرار دارد ← امکان‌پذیر است

$\underset{+3}{\underline{M_3}}\ X \rightarrow -3 =$ عدد اکسایش نافلز X ← در بازه ۳- تا ۵+ قرار دارد ← امکان‌پذیر است

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۲۸ موارد الف و ب درست و سایر موارد نادرست هستند.

بررسی موارد:

الف با توجه به معادله واکنش کلی سلول سوختی هیدروژن – اکسیژن، مقدار الکترون مبادله شده به‌ازای مصرف ۱۶/۸ لیتر واکنش‌دهنده در شرایط استاندارد را محاسبه می‌کنیم: (به‌ازای مصرف ۳ مول واکنش دهنده (دو مول هیدروژن و یک مول اکسیژن)، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود.)

ب سلول سوختی نوعی سلول گالوانی است که شیمیدان‌ها برای گذر این تنگنای انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می‌دهند. این سلول‌ها افزون بر کارایی بیشتر می‌توانند رد پای کربن دی اکسید را کاهش دهند به طوری که دوستدار محیط زیست بوده و منبع انرژی سبز به شماره می‌روند.

رایج‌ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن – اکسیژن است.

پ نیم‌واکنش کاتدی سلول سوختی هیدروژن – اکسیژن به‌صورت زیر است: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

در صورتی که نیم‌واکنش آندی برقکافت آب به شکل زیر می‌باشد: $2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2$

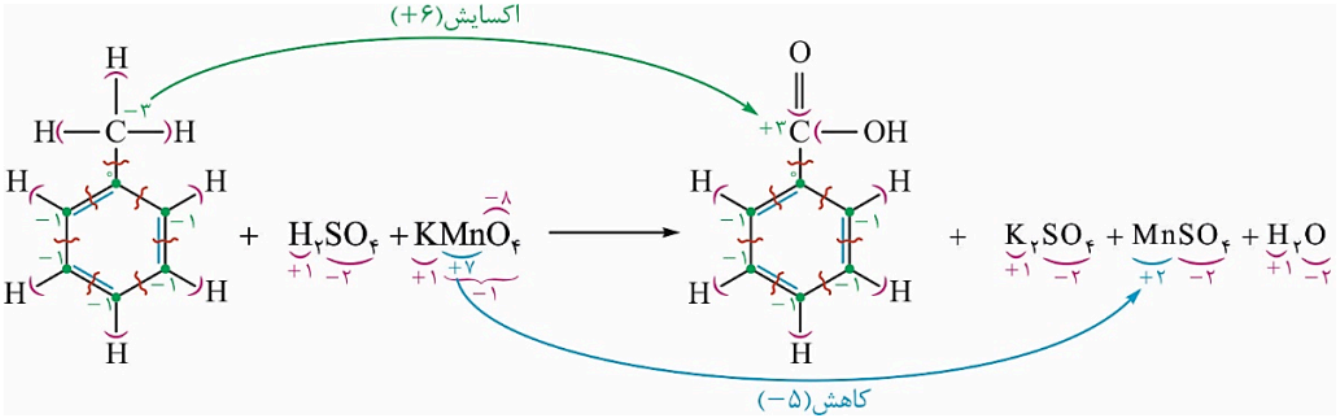
همانطور که مشاهده می‌کنید، این دو نیم‌واکنش کاملاً عکس یکدیگر هستند.

ت جهت حرکت الکترون ها در سلول سوختی (که نوعی سلول گالوانی است) از قطب منفی به مثبت است اما در سلول الکترولیتی از قطب مثبت به منفی است.

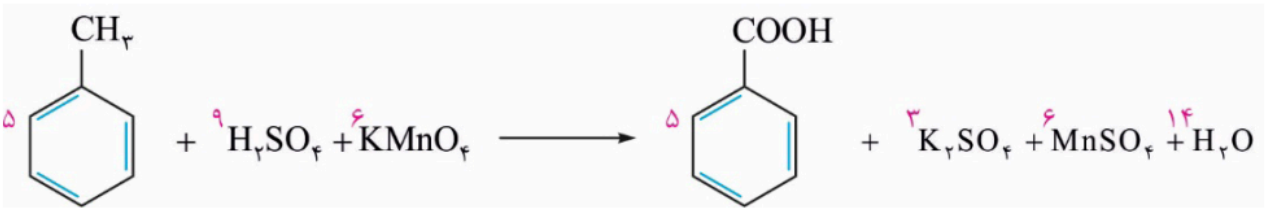
(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۲۹ **گام اول:** عدد اکسایش گونه‌های مختلف واکنش را محاسبه می کنیم تا کاهنده و اکسنده را پیدا کنیم:



گام دوم: معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:



بررسی گزینه‌ها:

۱ فراورده آلی، آن فراورده‌ای است که دارای کربن باشد (در اینجا ) از طرفی تولید پنج مول از این فراورده، همراه با مبادلهٔ ۳۰ مول الکترون است. پس به‌ازای تولید هر مول از این فراورده، ۶ مول الکترون مبادله شده است.

(تعداد الکترون مبادله شده = تغییر عدد اکسایش اتم × زیروند × ضریب آلی فرآورده برای کربن موجود در گروه $۶\times۱\times۵=۳۰$)

۲

$$\frac{\text{مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها}}{\text{مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها}}=\frac{۵+۳+۶+۱۴}{۵+۹+۶}=\frac{\cancel{۲۸}^{۱۴}}{\cancel{۲۰}_{۱۰}}=۱/۴$$

۳ با توجه به گام اول: درواکنش دهنده آلی، سه نوع اتم کربن بر پایه عدد اکسایش در این ترکیب دیده می شود(۵ اتم کربن با عدد اکسایش ۱- ، یک اتم کربن با عدد اکسایش صفر، و یک اتم کربن با عدداکسایش ۳-) که مجموع آن ها برابر است با:

$$۵(-۱)+۱(۰)+۱(-۳)=-۵-۳=-۸$$

۴ فراورده آلی تولید شده، خاصیت اسیدی دارد و pH محلول را کاهش می‌دهد اما دقت کنید در واکنش‌دهنده‌ها، ۳۹ مول یون آبپوشیده و در فراورده‌ها ۲۱ مول یون آبپوشیده تولید می‌شود. پس تعداد آنها کاهش می‌یابد. (نه افزایش)

(ماراتون ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۰ یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که افزون بر emf، بازده و سرعت انجام واکنش در این سلول پایین است.

پتانسیل کاهشی آند – پتانسیل کاهشی کاتد = emf

$$emf = -۰/۸۳ - (-۰/۸۴) = +۰/۰۱V$$

برای نوشتن معادله کلی، ابتدا نیم‌واکنش آندی را موازنه می‌کنیم:

(واکنش کلی سلول نور الکتروشیمیایی)

$$Si + ۲H_۲O \rightarrow SiO_۲ + ۴H^+ + ۴e^-$$

حالا برای به‌دست آوردن معادله کلی واکنش، ابتدا نیم‌واکنش کاتدی را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم تا ضریب الکترون‌ها در هر دو نیم‌واکنش برابر شود، سپس معادله‌ها را جمع جبری می‌کنیم:

$$Si + ۲H_۲O \rightarrow SiO_۲ + ۴H^+ + \cancel{۴e^-}$$

$$۴H_۲O + \cancel{۴e^-} \rightarrow ۲H_۲ + ۴OH^-$$

$$Si + ۶H_۲O \rightarrow SiO_۲ + ۲H_۲ + \underbrace{۴H^+ + ۴OH^-}_{۴H_۲O}$$

با ساده کردن مولکول‌های آب در دو طرف واکنش به معادله کلی زیر می‌رسیم:

$$Si + ۲H_۲O \rightarrow SiO_۲ + ۲H_۲$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ هدف از انجام این نیم‌واکنش‌ها تهیه گاز هیدروژن از آب است.

۲ با توجه به معادله موازنه شده نیم‌واکنش آندی:

$$x + y + z = ۴ + ۴ + ۲ = ۱۰$$

۴ محلول اطراف کاتد به دلیل تولید یون هیدروکسید در طی نیم‌واکنش کاتدی، خاصیت بازی دارد، دقت کنید به‌ازای تولید هر مول گاز هیدروژن، ۲ مول یون هیدروکسید تولید می‌شود (نه مصرف)

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۳۱ با توجه به اینکه پتانسیل کاهشی نیکل از طلا کمتر است، اگر مدار بیرونی قطع شود، واکنش انجام شده در اطراف قطعهٔ نیکلی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$۳Ni(s) + ۲Au^{۳+}(aq) \rightarrow ۳Ni^{۲+}(aq) + ۲Au(s)$$

در طی این واکنش با وارد شدن ۲ مول Ni (با جرم ۳×۵۹ گرم) از قطعه فلزی به داخلی محلول، ۲ مول Au (با جرم ۲×۱۹۷ گرم) از محلول بر روی قطعه فلزی قرار گرفته و به این ترتیب جرم آن افزایش می یابد.

بررسی عبارت اول:

نیم‌واکنش انجام شده در قطب منفی (کاتد) به‌صورت زیر است:

$$Au^{۳+}(aq) + ۳e^- \rightarrow Au(s)$$ (نیم‌واکنش کاهش در کاتد {قطب منفی})

بررسی عبارت دوم:

از آنجایی که $E^\circ(Au^{۳+}/Au)$ از E° آب بیشتر است؛ در آند، آب اکسایش خواهد یافت و جرم تیغه تغییر نخواهد کرد.

بررسی عبارت سوم:

اگر قطعه فلز آبکاری شده خراشیده شود، به دلیل منفی‌تر بودن E° نیکل نسبت به طلا، این فلز (نیکل) اکسید شده و نقش آند را خواهد داشت.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۲ واکنش تیغهٔ آلومینیمی با محلول مس (II) سولفات به صورت مقابل است: $2Al(s)+3CuSO_4(aq)\rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq)+3Cu(s)$

در اثر مصرف آلومینیم و تولید فلز مس و رسوب دادن ۷۵ درصد آن روی تیغهٔ فلزی، جرم تیغه دستخوش تغییر می‌شود.

تغییر جرم تیغه به ازای ضرایب معادله واکنش برابر است با:

$$\Delta m=\left[3\,mol\,Cu(\text{تولید شده})\times\frac{64\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu}\times\frac{75}{100}\right]-\left[2\,mol\,Al(\text{مصرف شده})\times\frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al}\right]=144-54=+90\,g$$

و اکنون میان دادهٔ سوال (حجم و غلظت مولی محلول مس (II) سولفات) و Δm تناسب می‌بندیم.

$$\frac{0/25\,L\,CuSO_4\times 0/1\frac{mol}{L}}{3}=\frac{x\,g\ \text{تغییر جرم تیغه}}{+90}\rightarrow x=0/75\,g$$

بنابراین جرم تیغه به اندازهٔ ۰/۷۵ گرم افزایش می‌یابد و به ۵۴/۷۵ گرم می‌رسد.

در این واکنش، عدد اکسایش مس ۲ واحد تغییر می‌کند. تعداد الکترون‌های مبادله شده به ازای ضرایب واکنش برابر است با:

$$e^-=Cu\ \text{تغییر عدد اکسایش}\times Cu\ \text{زیروند}\times CuSO_4\ \text{ضریب}\rightarrow e^-=2\times1\times3=6\rightarrow 3CuSO_4\sim 6e^-$$

$$\Rightarrow\frac{0/25\,L\,CuSO_4\times 0/1\frac{mol}{L}}{3}=\frac{y\,mol\,e^-}{6}\Rightarrow y=0/05\,mol$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۳۳ **سرنخ** جرم ثانویه تیغه نشان دهنده میزان روی مصرفی و میزان مس رسوب کرده است. با استفاده از میزان جرم ثانویه میزان پیشروی واکنش را محاسبه کنید سپس میزان گرما و تغییر دما را بدست آورید.

گام اول) ابتدا واکنش را می‌نویسیم: $Zn(s)+Cu^{2+}(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+Cu(s)\ ,\ \Delta H=-120\,kJ$

گام دوم) با استفاده از میزان تغییر جرم تیغه، مقدار گرمای مبادله شده را بدست می‌آوریم.

روش اول: جرم تیغه از ۶ گرم به ۵/۱۵ گرم رسیده است. ۰/۸۵ گرم کاهش جرم به سبب نشستن ۷۵٪ فلز مس و جدا شدن فلز روی می‌باشد.

$$0/85\,gr\ \text{کاهش جرم}\times\frac{1\,mol\,Zn}{\underbrace{-65\,gr\,Zn+\frac{3}{4}\times64\,gr}_{17\,gr}\ \text{تغییر جرم}}\times\frac{120\,kJ}{1\,mol\,Zn}=6\,kJ$$

روش دوم:

$$\frac{Q}{\Delta H}=\frac{\text{تغییر جرم}}{\left|-(\text{ضریب}\times\text{جرم مولی گونه جداشده})+(\text{ضریب}\times\text{جرم مولی گونه رسوب کرده})\times(\text{درصد رسوب بر تیغه})\right|}\Rightarrow\frac{Q}{120}=\frac{0/85}{-(1\times65)+(1\times64\times\frac{3}{4})}=6\,kJ$$

گام سوم) در نهایت با گرمای تولید شده میزان تغییر دما را محاسبه می‌کنیم.

$$Q=mc\Delta\theta\xrightarrow[m=d\times V]{}6000=\overbrace{300}^{d\times V}\times1\times4\times\Delta\theta\rightarrow\Delta\theta=5\xrightarrow{\Delta\theta=\theta_2-\theta_1}5=\theta_2-25\rightarrow\theta_2=30^\circ C$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

عبارت‌های اول، سوم و پنجم درست هستند.

بررسی موارد:

مورد اول: به منظور محاسبه مقدار emf این سلول گالوانی خواهیم داشت:

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} = -۰/۷۶\,V - (-۱/۶۶\,V) = ۰/۹\,V$$

به منظور مقایسه مقدار $n+l$ برای الکترون‌ها در آخرین زیرلایه اتم‌های روی (کاتد) و آلومینیم (آند) به صورت زیراست:

$$_{۱۳}Al : [_{۱۰}Ne]۳s^۲\,\underbrace{۳p^۱}_{n+l \Rightarrow ۱(۳+۱)=۴} \qquad _{۳۰}Zn : [_{۱۸}Ar]۳d^{۱۰}\,\underbrace{۴s^۲}_{۲(۴+۰)=۸}$$

نسبت خواسته شده برابر با $\frac{۸}{۴}(۲)$ می‌باشد.

مورد دوم: در هر بازه زمانی، تعداد الکترون‌هایی که توسط تیغه آندی آزاد شده است با تعداد الکترون‌هایی که به وسیلهٔ تیغه کاتدی مصرف می‌شود برابر است. نیم واکنش‌های انجام شده در این دو نیم سلول به صورت زیر می‌باشد.

نیم واکنش کاتدی : $Zn^{۲+}(aq) + ۲e^- \rightarrow Zn(s)$

نیم واکنش آندی : $Al(s) \rightarrow Al^{۳+}(aq) + ۳e^-$

از آنجایی که مقدار الکترون مبادله شده در این دو نیم واکنش برابر است؛ با فرض x مول الکترون مبادله شده خواهیم داشت:

تغییر جرم $x\,mole^- \times \frac{۱\,mol\,Zn}{۲\,mole^-} \times \frac{۶۵\,gr}{۱\,mol\,Zn} = \frac{۶۵x}{۲}\,gr\,Zn$

تغییر جرم $x\,mole^- \times \frac{۱\,mol\,Al^{۳+}}{۳\,mole^-} \times \frac{۲۷\,gr}{۱\,mol\,Al^{۳+}} = \frac{۲۷x}{۳}\,gr\,Al$

نسبت تغییر جرم تیغهٔ کاتدی (Zn) به تیغه آندی (Al) برابر است با:

$$\frac{\text{تغییر جرم تیغه کاتدی}}{\text{تغییر جرم تیغه آندی}} = \frac{\frac{۶۵x}{۲}}{\frac{۲۷x}{۳}} = \frac{۶۵}{۱۸} \simeq ۳/۶۱۱$$

مورد سوم: واکنش موازنه شده این سلول به صورت روبه رو می‌باشد. $۲Al(s) + ۳Zn^{۲+}(aq) \rightarrow ۲Al^{۳+}(aq) + ۳Zn(s)$

$$mol\,Al^{۳+} = \underbrace{M_{Al}}_{\text{غلظت اولیه نیم‌سلول استاندارد}}{}^{۳+} \times V \Rightarrow mol\,Al^{۳+} = ۱ \times ۰/۵ \Rightarrow \text{میزان تغییرات} = \frac{۴۰}{۱۰۰} \times ۰/۵ = ۰/۲\,mol\,Al^{۳+}$$

به منظور محاسبه غلظت نهایی Zn خواهیم داشت:

روش اول:

$$۰/۲\,mol\,Al^{۳+} \times \frac{۳\,mol\,Zn^{۲+}}{۲\,mol\,Al^{۳+}} = ۰/۳\,mol\,Zn^{۲+} \rightarrow \Delta M_{Zn^{۲+}} = \frac{۰/۳\,mol}{۰/۵\,L} = ۰/۶\,mol.L^{-۱}$$

مولاریتهٔ اولیهٔ $Zn^{۲+}$ در شرایط استاندارد، برابر با ۱ مول بر لیتر بوده است. با مصرف شدن یون‌های روی طی واکنش، غلظت آن به میزان ۰/۶ تغییر کرده و غلظت نهایی آن ۰/۴ مولار می‌شود.

روش دوم:

$$\frac{mol\,Al}{\text{ضریب}} = \frac{M_{Zn} \times V}{\text{ضریب}} \rightarrow \frac{۰/۲}{۲} = \frac{M_{Zn} \times ۰/۵}{۳} \rightarrow M = ۰/۶ \quad \text{غلظت } Zn^{۲+} \text{ مصرفی}$$

$$\Rightarrow \text{غلظت } Zn^{۲+} \text{ باقی مانده} = ۱ - ۰/۶ = ۰/۴\,\frac{mol}{lit}$$

مورد چهارم) در سلول گالوانی «آلومینیم – روی» به دلیل E° بالاتر روی، این فلز کاتد بوده و فلز آلومینیم آند می‌باشد. در این نیم سلول کاتیون‌های آلومینیم به سمت کاتد (نیم سلول Zn) می‌روند.

با قرار دادن نیم سلول مس به جای نیم سلول آلومینیم، نیم سلول مس به دلیل E° بالاتر نسبت به Zn کاتد بوده و کاتیون‌های $Zn^{۲+}$ از طریق دیواره متخلخل به سمت کاتد یعنی نیم سلول Cu می‌روند.

مورد پنجم) به دلیل بیشتر بودن E° فلز روی از آلومینیم، یون روی قدرت اکسندگی بیشتری در مقایسه با یون آلومینیم دارد و واکنش « $Al^{۳+} + Zn$ » انجام نمی‌شود؛پس محلول $Al(NO_۳)_۳$ ... جنس Zn نگهداری کرد.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۳۵ باتوجه به واکنش داده شده می‌توان گفت به ازای مصرف ۲ مول یون Au^{3+}، ۳ مول یون Zn^{2+} تولید می‌شود. همین نسبت را می‌توان به غلظت مولی این مواد نسبت داد. یعنی به ازای کم شدن غلظت مولاریته محلول Au^{3+} به اندازه ۲ مولار، غلظت محلول Zn^{2+} به اندازه ۳ مولار افزایش می‌یابد.

گام اول) شیب نمودار را بدست می‌آوریم:

در هر نیم‌سلول استاندارد، غلظت کاتیون فلز ۱ مولار است.

$$\text{شیب نمودار} = \frac{۲/۲ - ۲}{۱۰} = \frac{۰/۲}{۱۰} = ۰/۰۲$$

مقدار شیب نشان دهنده این است که با گذشت هر ثانیه، ۰/۰۲ مولار بر مجموع غلظت کاتیون‌ها افزوده می‌شود.

گام دوم) مطابق با توضیحات گفته شده به ازای هر ۲ مولار کاهش غلظت محلول حاوی Au^{3+}، محلول Zn^{2+} به اندازهٔ ۳ مولار افزایش غلظت داشته است، پس در این شرایط مجموع غلظت کاتیون‌ها ۱ مولار افزایش می‌یابد. $(۱ = ۳ + ۲-)$ در نتیجه:

$$\begin{bmatrix} Au^{3+}\text{ مصرف ۲ مولار} & \text{افزایش غلظت ۱ مولار} \\ x & \text{افزایش ۰/۲ مولار} \end{bmatrix} \rightarrow x = ۰/۴ \rightarrow$$

Au^{3+} مصرف شده در هر ۱۰ ثانیه برابر با ۰/۲ مولار است.

گام سوم) در یک نیم‌سلول استاندارد، غلظت مولار محلول برابر یک مول بر لیتر ۱ می باشد در نتیجه:

$$\begin{bmatrix} [Au^{3+}]\text{ کاهش ۰/۴ مولار} & ۱۰s \\ [Au^{3+}]\text{ کاهش ۱ مولار} & t \end{bmatrix} \rightarrow t = \frac{۱۰}{۰/۴} = ۲۵s$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۶ تنها مورد چهارم درست است.

بررسی همه موارد:

۱ دقت کنید که در سلول سوختی، غشای مبادله کننده هیدرونیوم وجود دارد، نه غشای مبادله کننده الکترون.

۲ گاز ورودی به بخش آندی و کاتدی به ترتیب H_2 و O_2 است. گاز خروجی از این دو سمت به ترتیب H_2 و H_2O می‌باشد. در سمت آند گاز خروجی و ورودی یکسان است. اما گاز H_2 ناقطبی است!

۳ نیم واکنش موازنه شده کاتدی و آندی در سلول سوختی به صورت زیر می‌باشد.

نیم‌واکنش کاتدی: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^- \Rightarrow$ مجموع ضرایب $= 2+2+1=5$

نیم‌واکنش آندی: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O(g) \Rightarrow$ مجموع ضرایب $4+4+1+2=11$

$\rightarrow \frac{11}{5} \neq 2$

۴ **گام اول:** ابتدا واکنش کلی موازنه شده را می‌نویسیم: $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

گام دوم: مطابق با فرض سؤال m گرم H_2 و $4m$ گرم O_2 در اختیار داریم. این مقدار به ترتیب برابر با $\frac{m}{2}$ و $\frac{m}{8}$ مول به ترتیب از گازهای H_2 و O_2 می‌باشند.

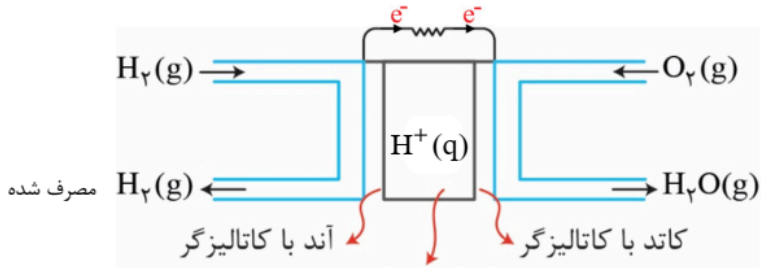
گام سوم: از آنجایی که ضریب H_2، ۲ برابر ضریب O_2 است، با مصرف $\frac{m}{8}$ مول O_2، مقدار $\frac{m}{4}$ مول H_2 مصرف می‌شود. در نتیجه:

$$\text{mol}\,H_{2\,\text{باقی‌مانده}} = \text{mol}\,H_{2\,\text{اولیه}} - \text{mol}\,H_{2\,\text{مصرفی}} = \frac{m}{2} - \frac{m}{4} = \frac{m}{4}$$

گام آخر: از طرفی از آنجایی که ضریب H_2 و H_2O با یکدیگر برابر است، با مصرف $\frac{m}{4}$ مول H_2، $\frac{m}{4}$ مول H_2O تولید می‌شود(برابری مول H_2O تولیدی و مقدار H_2 باقی‌مانده)

جمع‌بندی سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن»:

شکل زیر نمای کلی یک سلول سوختی را نشان می‌دهد.



غشای مبادله‌کنندهٔ پروتون (یون هیدرونیوم)

جمع بندی: ۱ نیم‌واکنش‌ها و واکنش کلی انجام شده در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» به صورت زیر است:

- نیم واکنش کاتدی: $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow H_2O(l)$
- نیم واکنش آندی: $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$
- واکنش کلی: $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

۲ مقدار emf این سلول برابر با E° مربوط به نیم واکنش کاتدی (کاهش گاز هیدروژن) است زیرا E° نیم واکنش آندی آن (اکسایش گاز هیدروژن) برابر با صفر است.

۳ این سلول از سه جزء اصلی غشای مبادله کننده یون هیدرونیوم، آند با کاتالیزگر و کاتد با کاتالیزگر ساخته شده است.

۴ بازده سوزاندن هیدروژن در سلول سوختی ۶۰ درصد است، در حالی که بازده سوزاندن هیدروژن در موتور درون‌سوز تنها ۲۰ درصد می‌باشد.

۵ این سلول توانایی ذخیره انرژی شیمیایی را ندارد و سوخت پیوسته و در شرایط کنترل شده وارد آن‌ها می‌شود.

۶ این سلول از منابع انرژی سبز به شمار می‌رود و افزون بر اتلاف انرژی کمتر، بازده بیشتری نسبت به نیروگاه دارد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud

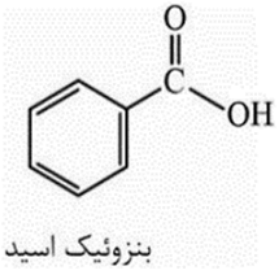
۱۳۷ موارد (ب) و (پ) نادرست هستند.

بررسی همهٔ موارد:

عبارت آ: به منظور محاسبه مجموع شمار اتم‌ها در این ترکیب، ابتدا شمار اتم‌های هیدروژن آن را به دست می‌آوریم.

$$\text{شمار C}:۱۲ \rightarrow \text{شمار H}:۲(۱۲)+۲-۲(۲+۵)+۱=۱۳$$

شمار اتم‌های کربن — شمار حلقه‌ها — شمار پیوند دوگانه — شمار اتم‌های نیتروژن



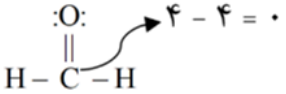
بنزوئیک اسید

فرمول ترکیب موردنظر : $C_{۱۲}H_{۱۳}NO_۴ \rightarrow$ مجموع شمار اتم‌ها $=۳۰$

مجموع شمار اتم‌ها در مولکول بنزوئیک اسید $(C_۶H_۵COOH)$ برابر با ۱۵ می‌باشد و نسبت خواسته شده برابر با ۲ می‌باشد. $\frac{۳۰}{۱۵}=۲$

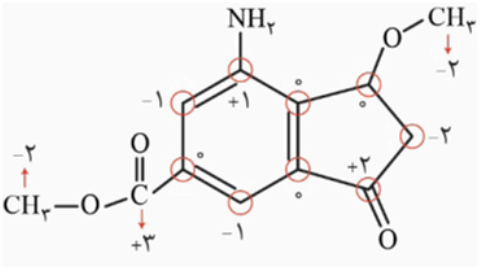
هشدار! گروه بسته $R-CO_۲-R'$ نشانگر گروه استری $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R'$ است.

عبارت ب: عدد اکسایش اتم کربن در فرمالدهید (ساده‌ترین آلدهید) با ساختار روبه رو برابر با صفر می‌باشد.



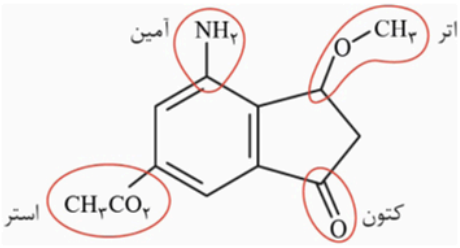
ساختار فرمالدهید (متانال)

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



این ماده دارای ۴ اتم کربن با عدد اکسایش صفر است.

عبارت پ: این ترکیب دارای گروه‌های عاملی کتونی (موجود در ویتامین کا)، اتری (موجود در رازیانه)، اتری و آینی می‌باشد اما فاقد گروه‌های اسیدی (موجود در سرکه خوراکی) و آمیدی (موجود در کولار) است.



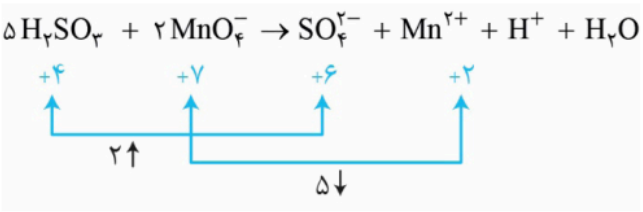
عبارت ت) به منظور محاسبه مجموع عدد اکسایش اتم‌ها از فرمول بسته مواد استفاده می‌کنیم.

$$C_{۱۲}H_{۱۳}NO_۴ \rightarrow ۱۲C+\underbrace{۱۳(+۱)}_{H}+\underbrace{(-۳)}_{N}+\underbrace{۴(-۲)}_{O}=۰ \rightarrow ۱۲C=-۲$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

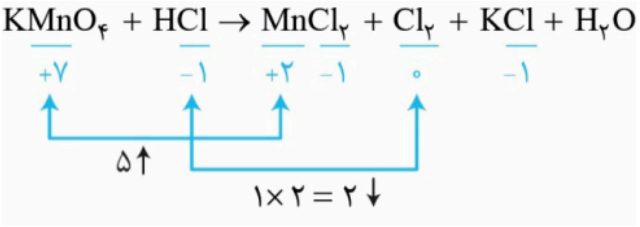
۱۳۸ **پاسخ پرسش آ)** به منظور محاسبه ضریب استوکیومتری یون هیدروژن، از موازنه به روش اکسایش – کاهش استفاده می‌کنیم.



در نهایت ضرایب باقی مواد را محاسبه می‌کنیم.

$$۵H_۲SO_۳ + ۲MnO_۴^- \rightarrow ۵SO_۴^{۲-} + ۲Mn^{۲+} + ۴H^+ + ۳H_۲O \rightarrow H^+ \text{ ضریب یون } = ۴$$

پاسخ پرسش ب) ابتدا تغییر عدد اکسایش اتم‌های پتاسیم و کلر را مشخص می‌کنیم.



هشدار: از آنجایی که در سمت راست ۲ عدد اکسایش متفاوت دارد، سمت مبنا، سمت راست است.

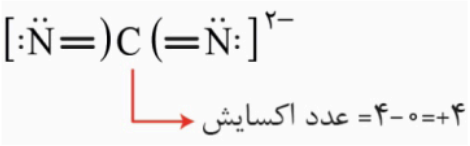
در نهایت ضرایب مواد را بدست می‌آوریم. $۲KMnO_۴ + ۱۶HCl \rightarrow ۲MnCl_۲ + ۵Cl_۲ + ۲KCl + ۸H_۲O$

در سمت چپ واکنش ۱۶ اتم کلر وجود دارد و در سمت راست عدد اکسایش ۱۰ اتم کلر ($۵Cl_۲$) تغییر کرده است. درصد یون‌های کلرید که کاهنده‌اند برابر با ۶۲/۵ درصد خواهد بود. $(\frac{۱۰}{۱۶} \times ۱۰۰ = ۶۲/۵\%)$

پاسخ پرسش پ) یون کلسیم تنها به صورت $Ca^{۲+}$ است. از این عبارت نتیجه می‌گیریم که آنیون‌های ما به ترتیب $C_۲^{۲-}$ و $CN_۲^{۲-}$ هستند.

عدد اکسایش کربن در $C_۲^{۲-}$: $۲C = -۲ \rightarrow C = -۱$

عدد اکسایش کربن در $CN_۲^{۲-}$: ساختار لوویس $CN_۲^{۲-}$ با تاثیر بار مانند $CO_۲$ می‌باشد.



پس تفاوت عدد اکسایش اتم کربن در این دو ترکیب برابر با ۵ می‌باشد. $(۴-(-۱)=۵)$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۳۹ واکنش موازنه شده برقکافت منیزیم کلرید مذاب به صورت مقابل می‌باشد: $MgCl_۲(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_۲(g)$

روش اول:

$$۹/۶\,gr\,Mg \times \frac{۱\,mol\,Mg}{۲۴\,gr\,Mg} \times \frac{۱\,mol\,Cl_۲}{۱\,mol\,Mg} \times \frac{۷۱\,gr}{۱\,mol\,Cl_۲} \times \frac{۱۰^۳\,kg}{۱۴۲\,gr\,Cl_۲} = ۲۰۰\,Kg$$

روش دوم:

$$\frac{gr\,Mg}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{ppm \times ۱۰^{-۶} \times \text{جرم محلول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \rightarrow \frac{۹/۶}{۱ \times ۲۴} = \frac{۱۴۲ \times ۱۰^{-۶} \times \text{جرم محلول}}{۱ \times ۷۱} \rightarrow \text{جرم محلول} = ۲ \times ۱۰^۵\,gr = ۲۰۰\,kg$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴۰ **بررسی همه عبارات:**

عبارت الف: خوردگی آهن و فرآیند هال به ترتیب نوعی سلول گالوانی و الکترولیتی هستند. در این سلول‌ها به ترتیب کاتد و آند قطب مثبت هستند.

عبارت ب: واکنش انجام شده طی این دو فرایند به صورت زیر می‌باشد.

خوردگی آهن : $۴Fe(s)+۶H_۲O(d)+۳O_۲(g)\rightarrow ۴Fe(OH)_۳(s)$

فرایند هال : $۲Al_۲O_۳(l)+۳C(s)\rightarrow ۴Al(l)+۳CO_۲(g)$

هر دو واکنش متناسب با ۱۲ مول الکترون هستند یعنی در مجموع ۱۲ واحد تغییر عدد اکسایش برای گونه‌های کاهنده و اکسنده وجود دارد.

عبارت پ: در هر دو نیم واکنش کاهش در خوردگی آهن در محیط‌های اسیدی و خنثی، ۴ الکترون مبادله می‌شود.

نیم واکنش کاهش در محیط خنثی : $۱O_۲+۲H_۲O+۴e^-\rightarrow ۴OH^-$

نیم واکنش کاهش در محیط اسیدی : $۱O_۲+۴H^++۴e^-\rightarrow ۲H_۲O$

عبارت ت: به منظور محاسبه جرم گرافیت مصرف‌شده (کاهش جرم آند) در واکنش سلول هال می‌توان نوشت:

روش اول)

$$۳۳/۱۱\times ۱۰^{۲۲}e^-\times\frac{۱mole^-}{۶/۰۱\times ۱۰^{۲۳}e^-}\times\frac{۳molC}{۱۲mole^-}\times\frac{۱۲gr}{۱molC}=۱/۶۵gr$$

روش دوم)

$$\frac{\text{تعداد } e^-}{\text{ضریب}\times ۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}}=\frac{gr}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\rightarrow\frac{۳۳/۱۱\times ۱۰^{۲۲}}{۱۲\times ۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}}=\frac{x\,gr}{۳\times ۱۲}\rightarrow x=۱/۶۵gr$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴۱ فقط مورد الف درست است.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت الف: واکنش کلی، زنگ زدن آهن به صورت زیر است:

$$۴Fe + ۶H_۲O + ۳O_۲ \rightarrow ۴Fe(OH)_۳ \Rightarrow \text{مجموع ضرایب} = ۴+۶+۳+۴ = ۱۷$$

در ترکیب $C_{۱۲}H_{۱۷}NO$، خاصیت نافلزی اتم هیدروژن از باقی اتم‌ها کمتر است و هر اتم هیدروژن به یقین دارای عدد اکسایش ۱+ خواهد بود و مجموع عدد اکسایش اتم‌های هیدروژن نیز برابر با ۱۷+ می‌باشد. $(۱۷\times۱=۱۷)$

عبارت ب) مطابق با شکل سؤال فلز M از فلز Fe حفاظت کرده است.

نکته به منظور استفاده از فلز B برای حفاظت از فلز A باید مقدار E° مربوط به فلز B از E° مربوط به فلز A کمتر باشد.

مطابق با نکته بالا E° فلز M باید از $-۰/۴۴V$ کمتر باشد و نمی‌تواند برابر با $۰/۱۴V$ باشد. همچنین می‌دانیم که در قطعه حلبی از فلز آهن حفاظت کاتدی انجام نمی‌شود.

عبارت پ) در سلول برقکافت آب، آب به مرور زمان مصرف شده و جرم آن کمتر می‌شود. درحالی که مقدار نمک ثابت است. در نتیجه تغییر غلظت نمک صرفاً به علت مصرف آب است.

$$M = \frac{n_{\text{نمک}}}{V} \Rightarrow M: \text{برابر } ۲ \Rightarrow V: \text{نصف شده است} \rightarrow V_۲ = \frac{۱}{۲}V_۱ = \frac{۱}{۲}\times ۱/۸ = ./۹L$$

$$\rightarrow V_{H_۲O\text{مصرف‌شده}} = ۱/۸ - ./۹ = ./۹L = ۹۰۰mL \rightarrow m_{H_۲O} = v\times d = ۹۰۰mL \times ۱\frac{g}{mL} = ۹۰۰g$$

$$\xrightarrow{d=۱gr.mol^{-۱}} gr\,H_۲O = ۹۰۰gr$$ اکنون مقدار گاز تولید شده را بدست می‌آوریم (فرآورده قطب منفی (کاتد) گاز $H_۲$ است.)

$$۲H_۲O(l) \rightarrow O_۲(g) + ۲H_۲(g)$$

روش اول)

$$۹۰۰gr\,H_۲O \times \frac{۱mol\,H_۲O}{۱۸gr\,H_۲O} \times \frac{۲mol\,H_۲}{۲mol\,H_۲O} \times \frac{۲۲/۴lit}{۱mol\,H_۲} = ۱۱۲۰L$$

روش دوم)

$$\frac{gr\,H_۲O}{\text{جرم‌مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{x\,lit\,H_۲}{\text{ضریب}\times ۲۲/۴} \rightarrow \frac{۹۰۰}{۱۸\times ۲} = \frac{x}{۲\times ۲۲/۴} \rightarrow x = ۱۱۲۰litH_۲$$

از آن‌جایی که در برقکافت سدیم کلرید مذاب خبری از آب نیست، انحلال $CaCl_۲$ در آب در این فرآیند نقش ندارد.

عبارت ت: در فرایند برقکافت NaCl، از سدیم کلرید مذاب (نه محلول در آب) استفاده می‌شود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴۲ تنها مورد چهارم درست است.

بررسی همه موارد:

مورد اول: دقت کنید که یون اکسید حاصل از نیم واکنش کاهش به صورت جامد می‌باشد و فرم صحیح این نیم واکنش به صورت روبه‌رو است:

$$۲O_۲(g)+۴e^- \rightarrow ۲O^{۲-}(s)$$

مورد دوم: اتم روی در حالت خنثی ۳۰ الکترون دارد. ($_{۳۰}Zn$) با از دست دادن دو الکترون و تولید یون $Zn^{۲+}$ شمار الکترون‌های آن برابر با ۲۸ می‌باشد. از طرفی اکسیژن با ۸ الکترون ($_۸O$) با تشکیل یون اکسید به آرایش گاز نجیب نئون رسیده و دارای ۱۰ الکترون می‌شود. نسبت خواسته شده برابر با ۳ نمی‌باشد. ($\frac{۲۸}{۱۰} \neq ۳$)

مورد سوم: با جایگزین کردن فلز روی با پلاتین اصلاً واکنشی صورت نمی‌گیرد!!

نکته اکسیژن با اغلب فلزات واکنش می‌دهد و با فلزاتی مانند طلا و پلاتین واکنش نمی‌دهد.

مورد چهارم: در حالت خنثی، شعاع اتم روی از اکسیژن بیشتر است. با انجام واکنش اتم روی اکسایش یافته (بار آن مثبت می‌شود) و شعاع آن کاهش می‌یابد. از طرفی اتم اکسیژن کاهش یافته (بار آن منفی می‌شود) و شعاع آن افزایش می‌یابد. در این حالت تفاوت شعاع گونه کاهش می‌یابد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴۳ مورد اول و دوم درست هستند.

نکته در صورتی که با قرار دادن تیغه‌ای از جنس فلز A در محلول حاوی یون‌های B^+

الف) دمای سامانه افزایش یابد ← E° مربوط به فلز A کمتر از فلز B می‌باشد.

ب) دمای سامانه ثابت بماند ← E° مربوط به فلز A بیشتر و کمتر از فلز B می‌باشد.

هرچه تغییرات دما بیشتر باشد اختلاف E° دو فلز بیشتر خواهد بود.

باتوجه به جدول فوق E° مربوط به فلزات C و D از فلز نقره بیشتر است و E° فلزات A و B از نقره کمتر است. از طرفی به علت تغییر دما بیشتر در واکنش با تیغه A، E° تیغه A کمتر از تیغه B می‌باشد.

بررسی موارد:

مورد اول) از آنجایی که E° نقره مقداری مثبت است. مقدار E° فلزات C و D نیز به یقین مثبت خواهد بود.

مورد دوم) از آنجایی که نیروی الکتروموتوری (emf) مربوط به سلول‌های گالوانی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

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

از آنجایی که در دو محلول نیم سلول نقره نقش کاتد خواهد کرد و E° فلز A از B کمتر است، مقدار emf سلول گالوانی $(A - Ag)$ بیشتر از $(B - Ag)$ خواهد بود.

مورد سوم) می‌دانیم که E° مربوط به فلز A و B از E° نقره کمتر است. اما جایگاه قطعی آن‌ها را نمی‌دانیم و نمی‌توان قاطعانه برای واکنش با هیدروکلریک اسید نظر داد.

مورد چهارم) ابتدا به نکته زیر توجه کنید:

باتوجه به فرض این مورد، E° مربوط به فلز D از فلز C بیشتر می‌باشد و ترتیب E° این فلزات به صورت زیر خواهد بود:

$$E^\circ_D > E^\circ_C > E^\circ_{Ag} > E^\circ_B > E^\circ_A$$

در این صورت ترتیب کاهندگی این فلزات به صورت زیر می‌باشد.

قدرت کاهندگی : $A > B > Ag > C > D$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۴۴ **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت آ) در فرآیند برقکافت آب در اطراف آند یون هیدرونیوم و اطراف کاتد یون هیدروکسید تولید می‌شود. در نتیجه pH اطراف آند کمتر از pH اطراف کاتد خواهد بود.

عبارت ب) به منظور افزودن نمک و الکترولیت مناسب به آب، تا کمبود رسانایی الکتریکی آن جبران شود؛ بایستی یک ترکیب محلول در آب را به آن افزود. دقت کنید که AgCl نامحلول در آب است.

عبارت پ) به منظور کاهش نقطه ذوب در فرایند برقکافت NaCl از $CaCl_2$ استفاده می‌کنیم. $CaCl_2$ به علت بیشتر بودن مجموع بار کاتیون و آنیون دارای آنتالپی فروپاشی بیشتری از NaCl است.

آفرود $CaCl_2$ با آنکه آنتالپی فروپاشی بیشتری از NaCl دارد اما نقطه ذوب کمتری دارد به همین دلیل نقش کمک ذوب را دارد.

عبارت ت) در فرایند برقکافت $MgCl_2$، چگالی Mg مذاب تولید شده از $MgCl_2$ کمتر است و بالاتر از آن قرار می‌گیرد اما در فرایند هال، Al مذاب چگالی بیشتری از Al_2O_3 مذاب دارد و از پایین سلول خارج می‌شود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴۵ عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

الف در ساخت تانکر آب از آهن گالوانیزه (آهن سفید) استفاده می‌شود. در آهن گالوانیزه، هنگام ایجاد خراش، در محل خوردگی سلول گالوانی تشکیل می‌گردد که آهن نقش کاتد (قطب مثبت) آن را ایفا می‌کند.

ب در ساخت قوطی کنسرو از حلبی استفاده می‌شود و هنگام خراش آن، آهن به جای قلع خورده می‌شود.

$$\left.\begin{array}{l}Fe(s) \rightarrow Fe^{3+}(s) + 3e^- \\ \text{نیم‌واکنش کاهش در فرآیند آبکاری: } (Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s))_3\end{array}\right\} \rightarrow \frac{\text{جرم Fe}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم Ag}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow \frac{38/5}{1 \times 56} = \frac{x}{3 \times 108} \rightarrow x = 222/75$$

پ در سلول هال، با انجام نیم واکنش: $Al^{3+}(l) + 3e^- \rightarrow Al(l)$ در کاتد، آلومینیم مذاب تولید می‌شود و چگالی $Al(l)$ از $Al_2O_3(l)$ بیشتر است. زیرا Al_2O_3 مذاب روی Al مذاب قرار می‌گیرد.

ت نیم واکنش کاهش سلول نور – الکتروشیمیایی و سلول برقکافت آب یکسان است اما تغییر عدد اکسایش یک مول از گونه‌های کاهنده متفاوت است.

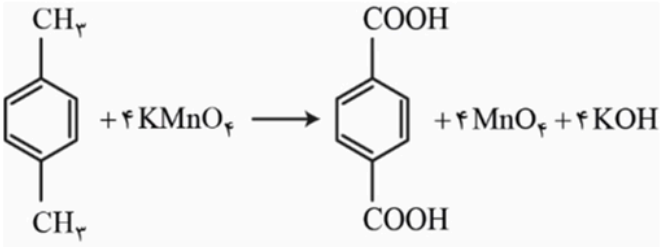
$$\text{سلول نور – الکتروشیمیایی} \begin{cases} \text{نیم‌واکنش آندی: } Si(s) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 4H^+(aq) + 4e^- \Rightarrow \frac{4\,mole^-}{1\,mol\,Si} \\ \text{نیم‌واکنش کاتدی: } 2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq) \end{cases}$$

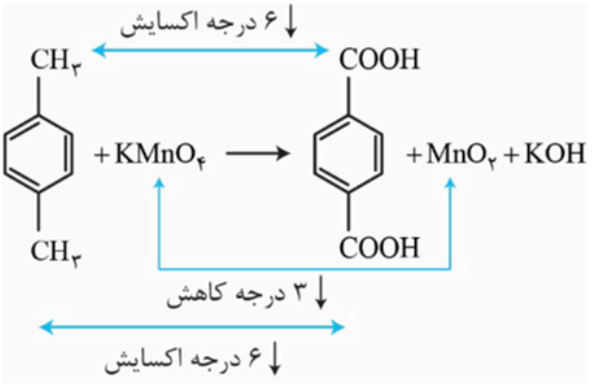
$$\text{سلول برقکافت} \begin{cases} \text{نیم‌واکنش آندی: } 2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + O_2(g) + 4e^- \Rightarrow \frac{2\,mole^-}{1\,mol\,H_2O} \\ \text{نیم‌واکنش کاتدی: } 2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH(aq) \end{cases}$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud

۱۴۶ **گام اول)** ابتدا واکنش موردنظر با اکسایش – کاهش موازنه می‌کنیم.





باتوجه به نسبت ۱۲ و ۳ واکنش موازنه شده به صورت زیر خواهد بود:

گام دوم) ابتدا غلظت ppm اولیه یون پرمنگنات را محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{ppm \times d}{\text{جرم مولی} \times ۱۰۰۰} \rightarrow ۰/۰۸ = \frac{ppm \times ۱}{۱۰۰۰ \times ۱۱۹} \rightarrow ppm\ \text{اولیه} = ۹۵۲۰$$

گام سوم) اکنون میزان تغییرات ppm یون پرمنگنات را محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{\text{جرم ترفتالیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\Delta ppm \times \text{جرم محلول} \times ۱۰^{-۶} \times \frac{۸۰}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \rightarrow \frac{۳/۳۲}{۱ \times ۱۶۶} = \frac{x \times ۲۰۰۰ \times ۱۰^{-۶}}{۱ \times ۱۱۹} \xrightarrow{\times \frac{۸۰}{۱۰۰}} x = ۹۵۲$$

$$ppm\ \text{نهایی} = ۴۷۶۰ - ۹۵۲ = ۳۸۰۸ppm$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۴۷ بررسی گزینه‌ها:

۱ نادرست – باتوجه به سری ساخته شده (برحسب E° گونه‌ها) داریم:

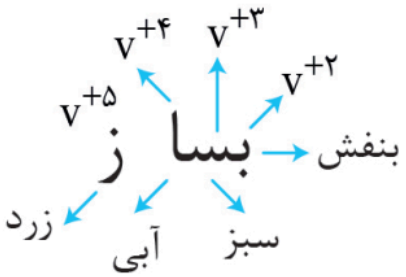
$$\xrightarrow{\text{خودبه‌خودی}} ۲Cu^{+}(aq) + \cancel{Cu^{۲+}(aq)} \rightarrow \underset{۱Cu^{۲+}}{\cancel{۲Cu^{۲+}(aq)}} + Cu(s)$$

$$\Rightarrow ۲Cu^{+}(aq) \rightarrow Cu^{۲+}(aq) + Cu(s)$$

بنابراین واکنش بالا در جهت برگشت به صورت طبیعی انجام نمی‌شود و غیرخود به خودی است.

۲ نادرست – محلول بنفش رنگ وانادیم حاوی یون‌های $V^{۲+}(aq)$ است.

یادآوری: فلز وانادیم در ترکیب‌های خود می‌تواند چهار عدد اکسایش مختلف، شامل ۲+، ۳+، ۴+ و ۵+ داشته باشد و رنگ محلول هریک از آن‌ها عبارت است از:



باتوجه به سری و موقعیت گونه‌ها، اتم منیزیم پایین‌تر از یون وانادیم (II) قرار دارد.

پس واکنش: $Mg(s) + V^{۲+}(aq) \rightarrow Mg^{۲+}(aq) + V(s)$ به طور طبیعی انجام می‌شود و از غلظت یون‌های $V^{۲+}(aq)$ کاسته می‌شود.

پس شدت رنگ بنفش محلول کاهش می‌یابد.

۳ نادرست – باز به سری که ساختیم برمی‌گردیم؛ ضعیف‌ترین کاهنده سمت راست و در بالاترین موقعیت قرار دارد که همان یون یدید (I^-) است. همچنین قوی‌ترین اکسنده باید سمت چپ و در بالاترین موقعیت قرار بگیرد، پس ید $(I_۲)$ می‌باشد.

نکته

۱) هرچه اتم فلزی کاهنده‌تر باشد، کاتیون آن فلز قدرت اکسندگی کمتری دانسته و پایدارتر است.

۲) هرچه اتم نافلزی اکسنده‌تر باشد، آنیون آن نافلز قدرت کاهندگی کمتری دارد و پایدارتر می‌باشد.

۴ درست- مقدار نیروی الکترو موتوری (emf) یک سلول گالوانی برابر است با:

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} = E^\circ_{\text{گونه‌اکسنده}} - E^\circ_{\text{گونه کاهنده}}$$

پس در سلول «منیزیم – وانادیم» که وانادیم کاتد و منیزیم آند سلول است، مقدار emf برابر ۱/۲۴ ولت است.

$$emf = E^\circ(V^{۲+}/V) - E^\circ(Mg^{۲+}/Mg) = -۱/۱۳ - (-۲/۳۷) = ۱/۲۴V$$

همچنین در سلول «هیدروژن – مس» که نیم سلول کاتدی، نیم سلول مس و SHE نیم سلول آندی است، باتوجه به صفر بودن E° نیم سلول استاندارد هیدروژن، مقدار emf برابر ۰/۳۴ ولت می‌باشد.

$$E\,emf = E^\circ(Cu^{۲+}/Cu) - E^\circ(H^+/H_۲) = ۰/۳۴ - ۰ = ۰/۳۴V$$

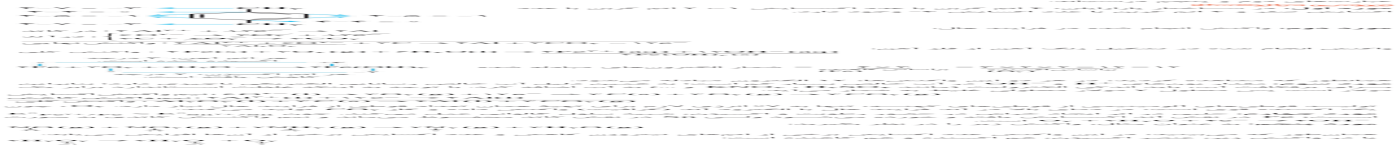
بنابراین، نسبت emf این دو سلول گالوانی بزرگتر از ۳/۵ و برابر $\frac{۱/۲۴V}{۰/۳۴V} \simeq ۳/۶۵$ است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir



www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۴۹ نخست مجموع حجم اضافه شده به قطعات را محاسبه می‌کنیم:

$$\underbrace{\frac{۵}{۱۰۰}}_{\text{درصد}} \times \underbrace{۹۰}_{\text{تعداد قطعات}} \times \underbrace{\frac{۴}{۳}\times ۳\times ۲^۳}_{\text{حجم اولیه هر قطعه}} = ۱۴۴\,cm^۳$$

حال باتوجه به رابطه $\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$، جرم اضافه شـــده فلز نقره به قطعات را حســـاب می‌کنیم. سپس باتوجه به جرم نقره محاسبه شده، شمار الکترون‌های مبادله شده میان آند و کاتد را به دست می‌آوریم:

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

$$\frac{xe^-}{۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}\times ۱} = \frac{۱۵۱۲\,gAg}{۱۰۸\times ۱} \rightarrow x = ۸۴/۲۸\times ۱۰^{۲۳}$$

درنهایت، باتوجه به حجم محلول و جرم نقره اضافه شده به قطعات، غلظت مولی یون Ag^+ را در پایان آبکاری محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{۱۵۱۲\,gAg}{۱۰۸\times ۱} = \frac{\Delta[Ag^+]\times ۱۰L}{۱} \rightarrow \Delta[Ag^+] = ۱/۴\,mol.L^{-۱}$$

$$\rightarrow [Ag^+]_{\text{پایان}} = [Ag^+]_{\text{اولیه}} - \Delta[Ag^+] = ۲ - ۱/۴ = ۰/۶\,mol.L^{-۱}$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۵۰ موارد ب، پ و ت درست هستند.

ابتدا به موازنهٔ معادله‌های داده شده توجه کنید:

$$۳SCl_۲ + ۴NaF \rightarrow SF_۴ + S_۲Cl_۲ + ۴NaCl$$

$$۲F_۲ + ۲NaOH \rightarrow OF_۲ + ۲NaF + H_۲O$$

عبارت اول: اگر به تغییر عدد اکسایش اتم اکسیژن در واکنش (II) توجه کنید درمی‌یابید که عدد اکسایش اتم اکسیژن طی انجام این واکنش از ۲− به ۲+ تغییر کرده و ۴ واحد اکســـایش یافته اســـت. [گونه کاهنده] در صورتیکه در معادله موازنه شده واکنش (I)، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود.

عبارت دوم: عدد اکســـایش عنصر گوگرد در گونهٔ $SCl_۲$ موجود در واکنش (I) برابر ۲+ بوده و عدد اکســـایش عنصر O در گونهٔ $OF_۲$ موجود در واکنش (II) نیز ۲+ خواهد بود.

$$SCl_۲ \rightarrow S + ۲(-۱) = ۰ \Rightarrow S = +۲$$

$$OF_۲ \rightarrow O + ۲(-۱) = ۰ \Rightarrow O = +۲$$

عبارت ســـوم: در واکنش (II) مولکول‌های $OF_۲$ و $H_۲O$ قطبی هستند و مولکول $F_۲$ یک مولکول ناقطبی است که مجموع ضرایب دو ماده قطبی با ضریب‌های ناقطبی برابر است.

توجه کنید که ترکیبات دیگر موجود در این واکنش ترکیبات یونی هستند.

عبارت چهارم: هالید ← یون منفی [آنیون] نافلزات موجود در گروه ۱۷ [هالوژن‌ها]

هالیدهای موجود در واکنش (I) ← $NaCl, NaF$ ← مجموع ضرایب = ۸

هالیدهای موجود در واکنش (II) ← NaF ← ضریب ۲ = ⇐ $\frac{۸}{۲} = ۴$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۱ حفاظت کاتدی هنگامی صورت می‌گیرد که فلزی که قرار است از آن محافظت شود، کاتد واقع گردد. این بدان معناست که اگر بتوان از یک فلز مثل y توسط فلز دیگری مثل x حفاظت کاتدی کرد پس قطعاً پتانسیل کاهشی فلز x کمتر از فلز y بوده و x نسبت به y کاهنده قوی‌تری است.

SHE یا نیم سلول استاندارد هیدروژن شامل یک الکترود پلاتینی است که در محلولی با $pH=0$ و دمای $25^\circ C$ قرار دارد و گاز هیدروژن با فشار ۱ اتمسفر از روی آن عبور داده می‌شود.

اگر با تشکیل یک سلول از نیم سلول Z و SHE، pH نیم سلول SHE [افزایش غلظت H^+ کاهش یابد]، می‌توان نتیجه گرفت که نیم سلول موردنظر $E^\circ[Z]$ پتانسیل کاهشی کمتری نسبت به SHE داشته و نیم واکنش اکسایش در آن نیم سلول رخ خواهد داد.

اگر هنگام تشکیل سلول گالوانی بین یک نیم سلول و SHE $\leftarrow [H^+]$ افزایش $\leftarrow$ pH کاهش $\leftarrow$ نیم سلول موردنظر کاتد و SHE آند

$E^\circ_{SHE} < E^\circ_{\text{نیم‌سلول}}$

$\leftarrow [H^+]$ کاهش $\leftarrow$ pH افزایش $\leftarrow$ نیم سلول موردنظر آند و SHE کاتد

$E^\circ_{SHE} > E^\circ_{\text{نیم‌سلول}}$

حال باتوجه به توضیحات مطرح شده E° نیم سلول‌های داده شده را مرتب می‌کنیم.

$y^{2+} / y \rightarrow +0/36$ ولت

$2H^+ / H_2 \rightarrow E^\circ$ صفر

$Z^{2+} / Z \rightarrow -0/15$ ولت

$x^{2+} / x \rightarrow -0/72$ ولت

۱ مطابق با جدول E° مرتب شده، اکسنده‌ترین گونهٔ y^{2+} و کاهنده‌ترین گونه x خواهد بود.

۲ تمام حالت‌های ممکن برقراری یک واکنش شیمیایی به صورت خود به خودی یون این نیم سلول‌ها را بررسی می‌کنیم:

۱) $H_2 + y^{2+} \rightarrow emf = 0/36$ ولت

۲) $Z + y^{2+} \rightarrow emf + 0/51$ ولت

۳) $x + y^{2+} \rightarrow emf = 1/08$ ولت

۴) $Z + 2H^+ \rightarrow emf = 0/15$ ولت

۵) $x + 2H^+ \rightarrow emf = 0/72$ ولت

۶) $x + Z^{2+} \rightarrow emf = 0/57$ ولت

باتوجه به ولتاژهای بدست آمده بیشترین ولتاژ مربوط به سلول $x-y$ و کمترین ولتاژ مربوط به سلول $Z-H_2$ می‌باشد که اختلاف ولتاژ این ۲ سلول برابر است با: $0/8-0/15=0/93$ ولت

۳ مطابق با نکات مطرح شده به منظور نگهداری محلولی دارای یون‌های x^{2+} از ظرفی از جنس فلز Z و y می‌توان استفاده کرد.

۴ واکنش $y^{2+} + Z \rightarrow y + Z^{2+}$ به صورت طبیعی و خود به خودی انجام می‌گردد، اما واکنش $y + x^{2+} \rightarrow y^{2+} + x$ به صورت غیرخود به خودی انجام می‌پذیرد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ نیم واکنش‌ها بعد از یکسان کردن ضریب مواد مشترک $\left[\text{الکترون}, H^+\right]$ در ۲ نیم واکنش به صورت زیر است:

نیم واکنش اکسایش در آند: $CH_4(g)+2H_2O(l)\rightarrow CO_2(g)+8H^+(aq)+8e^-$

نیم واکنش کاهش در کاتد: $2O_2(g)+8H^+(aq)+8e^-\rightarrow 4H_2O(g)$

چون در صورت سؤال مطرح شده است که جرم‌های برابری از گازهای متان و اکسیژن وارد سلول شده است، پس فرض می‌کنیم m گرم CH_4 وارد آند و m گرم O_2 وارد کاتد سلول سوختی شده باشد. پس داریم:

$$m\,gr\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{32\,gr\,O_2}\times\frac{4\,mol\,H_2O}{2\,mol\,O_2}\times\frac{18\,gr\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=72\,gr\,H_2O$$

$$\Rightarrow m=64\,gr$$

$$\underline{\underline{\text{روش دوم}}}:\frac{\text{گرم}\,O_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم}\,H_2O}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{m\,gr}{2\times32}=\frac{72\,gr}{4\times18}\Rightarrow m=64\,g$$

توجه شود که از خروجی نیم سلول آندی، گازهای متان اکسایش نیافته و گاز CO_2 تولید شده خارج می‌شوند.

باتوجه به یکسان بودن ضرایب مواد مشترک $\left[\text{الکترون}, H^+\right]$ در ۲ نیم واکنش می‌توان گفت: $1CH_4\sim2O_2\sim1CO_2$

محاسبه جرم CH_4 مصرف شده: $?\,gr\times\frac{1\,mol\,\text{متان}}{16\,gr\,\text{متان}}\times\frac{2\,mol\,O_2}{1\,mol\,\text{متان}}\times\frac{32\,gr\,O_2}{1\,mol\,O_2}=64\,gr\,O_2\Rightarrow\text{جرم متان مصرف شده}=16\,gr$

روش دوم: $\frac{?\,gr\,CH_4}{1\times16}=\frac{64\,gr}{2\times32}\Rightarrow\text{جرم متان مصرف شده}=16\,gr$

پس از ۶۴ گرم متان اولیه، ۱۶ گرم آن طی واکنش اکسایش مصرف شده و ۴۸ گرم از آن باقی مانده و از نیم سلول آندی خارج می‌گردد.

حجم متان خارج شده از نیم سلول آندی: $48\,gr\,CH_4\times\frac{1\,mol\,CH_4}{16\,gr\,CH_4}\times\frac{22/4\,lit\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}=67/2\,li\,CH_4$

برای محاسبه حجم گازهای خروجی از آند، باید حجم CO_2 تولید شده طی این واکنش را نیز محاسبه کنیم:

حجم CO_2 تولیدی در آند: $16\,gr\,CH_4\times\frac{1\,mol\,CH_4}{16\,gr\,CH_4}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CH_4}\times\frac{22/4\,lit\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=22/4\,lit\,CO_2$

روش دوم: $\frac{\text{گرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{لیتر گازها}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{16\,gr}{1\times16}=\frac{?\,lit}{1\times22/4}\Rightarrow?\,lit\,CO_2=22/4\,lit$

پس مجموعاً حجم گازهای خروجی از نیم سلول آندی برابر است با:

$$\underbrace{67/2\,lit+CH_4}_{\text{باقی‌مانده}\,CH_4}+\underbrace{22/4\,lit\,CO_2}_{\text{تولیدشده}\,CO_2}=89/6\,lit$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$a)\ ۲Cr + ۳Fe^{۲+} \rightarrow ۲Cr^{۳+} + ۳Fe$$

$$b)\ Fe + Ni^{۲+} \rightarrow Fe^{۲+} + Ni$$

براساس این واکنش‌ها:

قدرت کاهندگی کاهنده‌ها : $Cr > Fe > Ni$

قدرت اکسندگی اکسنده‌ها: $Cr^{۳+} < Fe^{۲+} < Ni^{۲+}$

عبارت‌های «اول»، «دوم» و «سوم» درست هستند.

بررسی عبارت چهارم: قدرت اکسندگی گونهٔ اکسندهٔ واکنش a ($Fe^{۲+}$) کمتر از قدرت اکسندگی گونهٔ اکسنده در واکنش b ($Ni^{۲+}$) است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۵۴ ۱) در واکنش $۲Al(s) + ۶HCl(aq) \rightarrow ۲AlCl_۳(aq) + ۳H_۲(g)$، تعداد ۶ الکترون مبادله می‌شود.

۲) پس از موازنه، واکنش به شکل $Cr(s) + ۳Fe^{۳+}(aq) \rightarrow Cr^{۳+}(aq) + ۳Fe^{۲+}(aq)$ است و مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها برابر با ۴ است.

۳) با توجه به بار یون‌های $Cu^{۲+}$ و Ag^{+}، ۲ مول Ag^{+} با ۱ مول $Cu^{۲+}$ هم‌ارز است، بنابراین تغییر غلظت Ag^{+} دو برابر $Cu^{۲+}$ است.

۴) این واکنش از نوع اکسایش- کاهش است و عدد اکسایش C و H در آن تغییر می‌کند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۵۵ راه‌حل اول:

جرم آلومینیم مصرفی را x و جرم مس تولیدشده را y می‌نامیم. با توجه به معادلهٔ واکنش به‌ازای مصرف ۵۴ گرم آلومینیم، ۱۹۲ گرم مس تولید می‌شود بنابراین y از x بزرگتر است:

$$۲Al(s) + ۳CuSO_۴(aq) \rightarrow Al_۲(SO_۴)_۳(aq) + ۳Cu(s)$$

$$y\,g\,Cu \times \frac{۱\,mol\,Cu}{۶۴\,g\,Cu} \times \frac{۲\,mol\,Al}{۳\,mol\,Cu} \times \frac{۲۷\,g\,Al}{۱\,mol\,Al} = x\,g\,Al \Rightarrow ۳۲x = ۹y$$

$$\begin{cases} ۳۲x = ۹y \\ y - x = ۰/۶۹ \end{cases} \Rightarrow ۲۳x = ۰/۶۹ \times ۹ \Rightarrow x = ۰/۲۷\,g$$

$$?\,mol\,CuSO_۴ = ۰/۲۷\,g\,Al \times \frac{۱\,mol\,Al}{۲۷\,g\,Al} \times \frac{۳\,mol\,CuSO_۴}{۲\,mol\,Al} = \frac{۳}{۲۰۰}\,mol\,CuSO_۴$$

$$[CuSO_۴] = \frac{\frac{۳}{۲۰۰}\,mol\,CuSO_۴}{۰/۳\,L} = \frac{۱}{۲۰} = ۰/۰۵\,mol \cdot L^{-۱}$$

راه‌حل دوم:

با توجه به معادلهٔ واکنش، به‌ازای مصرف ۳ مول $CuSO_۴$، ۱۳۸ گرم $((۳ \times ۶۴) - (۲ \times ۲۷) = ۱۳۸)$ به جرم تیغه اضافه می‌شود:

$$۰/۶۹\,g \times \frac{۳\,mol\ CuSO_۴}{۱۳۸\,g} = ۰/۰۱۵\,mol\ CuSO_۴$$

$$[CuSO_۴] = \frac{۰/۰۱۵\,mol}{۰/۳\,L} = ۰/۰۵\,mol \cdot L^{-۱}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۶ محصولات آند سلول سوختی، H^+ و e^- هستند که هر دو در نیم‌سلول کاتدی مصرف می‌شوند. واکنش کاتدی سلول سوختی $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ است که عکس واکنش آندی برقکافت آب است. emf نیم‌سلول آندی صفر است، پس:

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۵۷ در جدول پتانسیل الکترودی عناصر، گونهٔ سمت چپ بالاتر (مثبت‌تر) در جدول می‌تواند با گونهٔ سمت راست پایین‌تر (منفی‌تر) جدول کاهش دهد.

$$\boxed{Ag^+} + e^- \rightarrow Ag \qquad E^\circ = +0/8$$

واکنش می‌دهد

$$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow \boxed{Mg} \qquad E^\circ = -2/37$$

بر این اساس مورد «چهارم» و «پنجم» نادرست است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۵۸ بررسی تفاوت‌ها:

الف) در سلول‌های گالوانی برخلاف سلول‌های الکترولیتی، واکنش اکسایش - کاهش به‌طور طبیعی و خودبه‌خود انجام می‌شود.

پ) علامت الکترودهای آند و کاتد در سلول‌های گالوانی متفاوت با سلول‌های الکترولیتی است.

ث) در سلول‌های الکترولیتی برخلاف سلول‌های گالوانی، دو الکترود در یک محلول الکترولیت قرار می‌گیرند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۵۹ تیغهٔ فلزی X برخلاف تیغهٔ فلزی Y با محلول ۱ مولار هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهد؛ یعنی فلز X کاهندهٔ قوی‌تری از هیدروژن و هیدروژن هم کاهندهٔ قوی‌تری از فلز Y است.

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) در سری الکتروشیمیایی، نیم‌سلول استاندارد X موقعیت پایین‌تری نسبت به نیم‌سلول استاندارد Y دارد.

۳) پتانسیل استاندارد نیم‌سلول X برخلاف پتانسیل استاندارد نیم‌سلول Y، عددی منفی است.

۴) کاتیون فلز X، اکسندهٔ ضعیف‌تری از یون هیدروژن و کاتیون فلز Y است.

Y
SHE
X

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۶۰ در سلول گالوانی روی- نقره، الکترود روی، آند است و در سطح آن اکسایش رخ می‌دهد و الکترود نقره، کاتد است و در سطح آن نیم‌واکنش کاهش رخ می‌دهد و واکنش کلی به‌صورت روبه‌رو است:

$$Zn + 2Ag^+ \rightarrow Zn^{2+} + 2Ag$$

ضریب استوکیومتری یون‌های نقره، دو برابر ضریب استوکیومتری یون‌های روی است؛ بنابراین غلظت یون‌های نقره با شیب بیشتری باید تغییر کند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۶۱ براساس واکنش موازنه‌شده داریم:

$$2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$$

راه‌حل اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$6\times10^6\,g\,C \times \frac{1\,mol\,C}{12\,g\,C} \times \frac{4\,mol\,Al}{3\,mol\,C} \times \frac{27\,g\,Al\,\text{خالص}}{1\,mol\,Al} \times \frac{100\,g\,Al\,\text{ناخالص}}{90\,g\,Al\,\text{خالص}} \times \frac{80}{100} = 16\times10^6\,g\,Al = 16\,ton\,Al$$

راه‌حل دوم: استفاده از تناسب

$$\frac{6}{3\times12} \times \frac{80}{100} = \frac{x}{4\times27} \times \frac{90}{100} \Rightarrow x = 16\,ton$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud

۱۶۲ عبارت‌های «ب» و «ت» درست هستند.

بررسی عبارت‌های نادرست:

الف) فراوردهٔ نهایی خوردگی آهن، زنگ آهن است که نام علمی آن آهن (III) هیدروکسید است و رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز دارد.

پ) در خوردگی آهن، ابتدا اتم‌های فلز آهن به یون آهن (II) و سپس یون‌های آهن (II) به یون‌های آهن (III) اکسایش می‌یابند و طی هر دو مرحله اتم‌های عنصر اکسیژن اکسنده هستند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۶۳ در کاتد H_2 تولید می‌شود که حجم آن دو برابر حجم O_2 آزاد شده در آند است.

واکنش کلی تجزیهٔ آب نیز این موضوع را تأیید می‌کند: $2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۶۴

$$۶/۰۲\times۱۰^{۲۲}e^- \times \frac{1mol\,e^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-} = ۰/۱mol\,e^-$$

افزایش جرم قاشق‌ها به‌دلیل نیم‌واکنش‌های کاهشی زیر است:

$$\begin{cases} \text{در آبکاری با نقره}: Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s) \Rightarrow ۰/۱mol\,e^- \times \frac{۱۰۸\,g\,Ag}{1mol\,e^-} = ۱۰/۸\,g\,Ag \\ \text{در آبکاری با مس}: Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s) \Rightarrow ۰/۱mol\,e^- \times \frac{۶۴\,g\,Cu}{2mol\,e^-} = ۳/۲\,g\,Cu \end{cases} \Rightarrow ۱۰/۸ - ۳/۲ = ۷/۶$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۶۵

	Zn	+	$2Ag^+$	$\rightarrow$	Zn^{2+}	+	$2Ag$
مقدار اولیه:			۲ مول		۲ مول		
مقدار نهایی در ۳ دقیقه و ۲۰ ثانیه:	$-x$		$2-2x$		$2+x$		$+2x$

$$2+x = 2(2-2x) \Rightarrow 5x = 2 \Rightarrow x = ۰/۴$$

$$\text{تغییر جرم تیغهٔ } Zn = ۰/۴\times۶۵ = ۲۶\,g$$

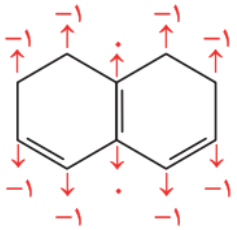
$$\Delta t = (۳\times۶۰)+۲۰ = ۲۰۰\,s$$

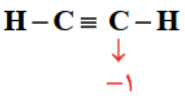
$$\overline{R}(Ag) = \frac{2\times۰/۴}{۲۰۰} = ۴\times۱۰^{-۳}\,mol\cdot s^{-۱}$$

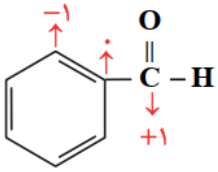
(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۶۶

نفتالن:







(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۶۷

$$Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$$

با توجه به اینکه $۱۶/۲۵ = ۸۳/۷۵ - ۱۰۰$ درصد از تیغهٔ آندی، مصرف شده است، خواهیم داشت:

$$\text{جرم مصرفی تیغهٔ آندی} = ۸۰ \times \frac{۱۶/۲۵}{۱۰۰} = ۱۳\,g\ Zn$$

$$\text{مول } H^+ \text{ مصرف‌شده} : ۱۳\,g\,Zn \times \frac{۱\,mol\,Zn}{۶۵\,g\,Zn} \times \frac{۲\,mol\,H^+}{۱\,mol\,Zn} = ۰/۴\,mol\,H^+$$

$$\left[H^+\right] = \frac{۰/۴\,mol}{۰/۵\,L} = ۰/۸\,mol \cdot L^{-1}$$

$$\left[H^+\right]_{\text{نهایی}} = ۱ - ۰/۸ = ۰/۲\,mol \cdot L^{-1}$$

$$pH = -\log(۲ \times ۱۰^{-۱}) = ۱ - ۰/۳ = ۰/۷$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۶۸

همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند.

عبارت اول: هم A $(_{۲۳}V)$ و هم B $(_{۵۰}Sn)$ فلز هستند.

عبارت دوم: هالوژن مایع در دمای اتاق، $_{۳۵}Br$ است. از طرفی عدد اتمی B برابر با ۵۰ است:

$$۵۰ - ۳۵ = ۱۵$$

عبارت سوم: برای ساختن حلبی، ورقه‌ای از آهن با لایهٔ نازکی از Sn (B) پوشیده می‌شود.

عبارت چهارم: در آرایش الکترونی $_{۲۳}V^{2+}$، سه الکترون در زیرلایهٔ $3d$ با $l = 2$ وجود دارد.

$$_{۲۳}V^{2+} : \left[_{۱۸}Ar\right] 3d^3$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

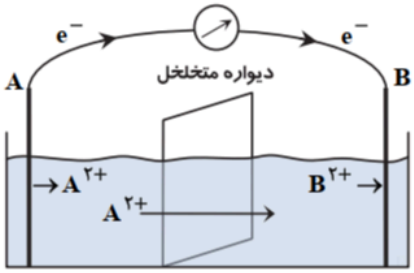
۱۶۹

$$E^\circ_A < E^\circ_B$$

$$E_{\text{سلول}} = E^\circ_B - E^\circ_A$$

قدرت کاهندگی A نسبت به B بیشتر است.

قدرت اکسندگی B^{2+} از A^{2+} بیشتر است.



با توجه به نمودار، چون غلظت A^{2+} در حال افزایش و غلظت B^{2+} در حال کاهش است، بنابراین A و B به‌ترتیب آند و کاتد هستند، در نتیجه A گونهٔ کاهنده و B^{2+} گونهٔ اکسنده است.

از آنجایی که موقعیت A و B در جدول نسبت به هیدروژن مشخص نیست، نمی‌توان در مورد موقعیت آن‌ها نسبت به هیدروژن قضاوت نمود.

کاتیون‌های B^{2+} به‌سمت تیغهٔ B رفته و با جذب الکترون کاهش می‌یابند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۷۰

عبارت «چهارم» نادرست است.

با توجه به E°های داده‌شده، Zn آند و Cu کاتد است. ازاین‌رو Zn قطب منفی و Cu قطب مثبت است، بنابراین جهت حرکت الکترون‌ها از آند به کاتد است و محلول ظرف کاتدی به‌دلیل کاهش غلظت Cu^{2+} کم‌رنگ می‌شود. جهت حرکت آنیون‌ها از ظرف کاتدی (قطب مثبت) به ظرف آندی است. در ظرف کاتدی Cu^{2+} با گرفتن الکترون کاهش یافته و نقش اکسنده دارد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

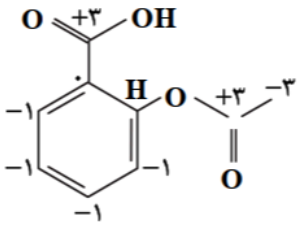
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۷۱ $\begin{cases} \text{یون سولفات}: SO_4^{2-} \Rightarrow S-8=-2 \Rightarrow S=+6 \\ CHCl_3 \Rightarrow C+1-3=0 \Rightarrow C=+2 \end{cases} \Rightarrow \frac{6}{2}=3$ ، $\begin{cases} \text{B فرمول ساختاری}: Cr_2O_7^{2-} \Rightarrow 2Cr-14=-2 \Rightarrow Cr=+6 \\ \text{C فرمول ساختاری}: Cr_2O_6^{2-} \Rightarrow 2Cr-12=-2 \Rightarrow Cr=+5 \end{cases}$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۷۲ عبارت اول: درست

گروه‌های CH در حلقه همگی عدد اکسایش ۱− دارند.



عبارت دوم: نادرست؛ آسپرین دارای اسید و استر و استامینوفن دارای آمید و هیدروکسیل است.

عبارت سوم: درست

$$HO-C_6H_4-NH_2 + CH_3COOH \rightarrow HO-C_6H_4-NH-CO-CH_3 + H_2O$$

عبارت چهارم: درست؛ آسپرین دارای ۵ پیوند دوگانه و یک حلقه است، پس فرمول مولکولی آن به‌صورت زیر است:

$C_9H_8O_4$

$9+8+4=21$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۷۳ $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow 2Fe + Al_2O_3 \Rightarrow$ واکنش ترمیت $6\,mole^-$

$Al + 3Ag^+ \rightarrow Al^{3+} + 3Ag \Rightarrow$ واکنش سلول گالوانی $3\,mole^-$

از آنجا که مقدار e مبادله در دو واکنش برابر می‌باشد می‌توان تناسبی بین دو ماده براساس تغییر عدد اکسایش آن‌ها در نظر گرفت، بنابراین می‌توان هر مول Fe را معادل ۳ مول Ag در نظر گرفت:

$1Fe \sim 3Ag$

$\frac{1\times 56}{3\times 108}=\frac{14}{81}$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۷۴ در سلول سوختی، در آند گاز هیدروژن وارد می‌شود و هیدروژن اضافی خارج می‌شود. در کاتد، گاز اکسیژن وارد شده و آب خارج می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۱۷۵ عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند.

در عبارت سوم، «کاهش می‌یابد» نادرست است؛ زیرا آهن وارد واکنش نمی‌شود.

در عبارت پنجم فقط الکترود آندی وارد واکنش می‌شود و به CO_2 تبدیل می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۷۶ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست هستند.

در سری الکتروشیمیایی، نیم‌سلول‌ها براساس کاهش پتانسیل کاهشی استاندارد از مقادیر مثبت‌تر به مقادیر منفی‌تر مرتب شده‌اند.

نیم‌سلولی که در این سری موقعیت بالاتری دارد اکسندهٔ قوی‌تر ولی کاهندهٔ ضعیف‌تری دارد.

بررسی عبارت اول: پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلول فلز M نسبت به دو نیم‌سلول دیگر، مثبت‌تر است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

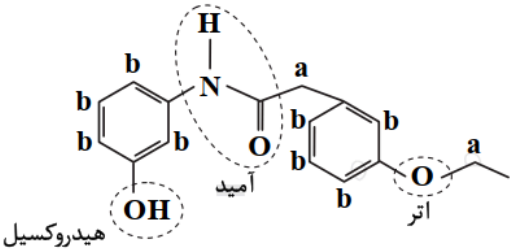
۱۷۷ نیم‌واکنش کاتدی در سلول سوختی هیدروژن به‌صورت روبه‌رو است: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

از طرفی در آبکاری نقره، داریم: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

$$96.0\,g\,O_2 \times \frac{1\,mol\,O_2}{32\,g\,O_2} \times \frac{4\,mol\,e^-}{1\,mol\,O_2} \times \frac{1\,mol\,Ag}{1\,mol\,e^-} \times \frac{108\,g\,Ag}{1\,mol\,Ag} \times \frac{\text{چنگال } 1}{8/64\,g\,Ag} = 1500 \text{ چنگال}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۷۸ عبارت اول: درست



عبارت دوم: درست

آلکان معادل : $C_{16}H_{34}$

یک نیتروژن و ۷ پیوند دوگانه و دو حلقه $H: 34-(7\times2+2\times2)+1 \Rightarrow C_{16}H_{17}O_3N$

$$\text{کل پیوندها}: \frac{(16\times4)+(17\times1)+(3\times2)+3}{2} = 45$$

۷ : پیوندهای دوگانه

پیوندهای یگانه $= 45-2\times7 = 45-14 = 31$

اختلاف پیوندهای یگانه و دوگانه : $31-7 = 24$

عبارت سوم: درست؛ ۳ اکسیژن و ۱ نیتروژن

جفت ناپیوندی $3\times2+1=7$

عبارت چهارم: درست؛ در شکل گروه‌های CH_2 با a و گروه‌های CH با b نشان داده شده‌اند.

عبارت پنجم: نادرست

$C_{16}H_{17}O_3N$

$x+17-6-3=0 \Rightarrow x=-8$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۷۹ بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) واکنش کاتدی در هر دو سلول سوختی یکسان و به‌صورت $O_2(g)+4H^+(aq)+4e \rightarrow 2H_2O(g)$ است.

۳) در سلول سوختی H_2 به‌ازای هر مول H_2، ۲ مول الکترون و در سلول سوختی متان به‌ازای هر مول متان، ۸ مول الکترون مبادله می‌شود

بنابراین ۴ مول هیدروژن معادل ۱ مول متان است.

$$1\,mol\,CH_4 \sim 4\,mol\,H_2 \qquad \frac{m\,CH_4}{m\,H_2} = \frac{16}{4\times2} = 2$$

۴) در سلول سوختی هیدروژن $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \sim 4e^-$

در سلول سوختی متان $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \sim 8e^-$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۸۰ همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند:

عبارت اول:

$$\underset{\downarrow}{2C_2H_6} + 7O_2 \rightarrow \underset{\downarrow}{4CO_2} + 6H_2O$$

$$-3 \qquad +4$$

$$\Delta n = 7$$

$$\text{تعداد } e \text{ مبادله‌شده} = 4 \times 7 = 28$$

عبارت دوم: شکل درست نیم‌واکنش کاهش به‌صورت مقابل است:

$$O_2(g) + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}(s)$$

عبارت سوم: O_2 با فلزاتی مانند طلا و پلاتین که فلزات نجیب نامیده می‌شوند واکنش نمی‌دهد.

عبارت چهارم: Ag با $CuSO_4$ واکنش نمی‌دهد و تغییر دما نخواهیم داشت.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۸۱ شکل درست سایر گزینه‌ها به شرح زیر است:

۱) $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

۲) $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

۳) $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۸۲ در مورد اتم A با توجه به فرمول اکسید دارای بالاترین عدد اکسایش ۶ است، یعنی A در گروه ۱۶ است.

در مورد اتم B با توجه به فرمول اکسید دارای بالاترین عدد اکسایش ۴ است، یعنی B در گروه ۱۴ است.

گروه ۱۶ (A)	گروه ۱۴ (B)
$_8O$	$_6C$
$_{16}S$	$_{14}Si$
$_{34}Se$	$_{32}Ge$

عدد اتمی موردنظر در گزینهٔ ۲ دیده می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۸۳ با توجه به اینکه نقره در واکنش شرکت نمی‌کند تمامی گاز H_2 تولیدشده از واکنش فلز روی خواهد بود:

$$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$$

$$x\,g\,Zn = 2\,L\,H_2 \times \frac{0/08\,g\,H_2}{1\,L\,H_2} \times \frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2} \times \frac{1\,mol\,Zn}{1\,mol\,H_2} \times \frac{65\,g\,Zn}{1\,mol\,Zn} = 5/2\,g\,Zn$$

$$\text{جرم نقره} = 20 - 5/2 = 14/8\,g\,Ag$$

$$\text{درصد جرمی نقره} = \frac{\text{جرم نقره}}{\text{جرم کل}} \times 100 = \frac{14/8}{20} \times 100 = \%74$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۸۴ با توجه به انجام‌پذیر بودن واکنش در می‌یابیم که قدرت کاهندگی Z از D بیشتر است. بنابراین در سلول گالوانی تشکیل شده از این دو فلز، Z آند و D کاتد است، پس:

مورد اول: درست؛ تیغه آندی خورده شده و به شکل Z^{3+} وارد محلول می‌شود.

مورد دوم: نادرست؛ پتانسیل الکترود Z از پتانسیل الکترود D کوچک‌تر است ولی در مورد علامت پتانسیل آن‌ها نمی‌توان نظر درستی داد. یعنی هر دو می‌توانند مثبت یا منفی و یا یکی از آن‌ها مثبت باشد.

مورد سوم: نادرست؛ کاتیون‌های محلول کاتدی یا همان D^+ از دیوارهٔ متخلخل عبور نمی‌کنند.

مورد چهارم: درست؛ با توجه به معادلهٔ موازنه شده و یا براساس بار کاتیون D^+ به‌ازای مبادلهٔ هر مول الکترون، یک مول D بر سطح تیغه می‌نشیند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۸۵ معادلهٔ موازنه شده واکنش کلی در سلول سوختی متان- اکسیژن و شمار مول الکترون‌های مبادله‌شده چنین است:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \sim 8e^-$$

$$\frac{0/32g}{16g} = \frac{?mol}{8mol} \Rightarrow ? = 0/16 mole^-$$

$$2M + \frac{n}{2}O_2 \Rightarrow M_2O_n \sim 2n$$

$$\frac{6/4g}{2M + 16n} = \frac{0/16}{2n} \Rightarrow \frac{M}{n} = 32$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۸۶ الف) درست

$$\left.\begin{array}{l} HCOOH \Rightarrow C = +2 \\ CHCl_3 \Rightarrow C = +2 \end{array}\right\} \Rightarrow 2 + 2 = 4$$

ب) درست؛ عدد اکسایش کروم در هر دو ماده برابر 6+ و ثابت است.

پ) نادرست؛

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$$

ت) درست

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \sim 4mole^-$$

$$\frac{1g}{2g \times 2} = \frac{xmol}{4mole^-} \Rightarrow x = 1mole^-$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۸۷ عدد اتمی فراوان‌ترین عنصر سازنده کرهٔ زمین یا همان Fe برابر ۲۶ است. پس عدد اتمی عنصر X برابر ۳۳ است. این عنصر در گروه ۱۵ قرار دارد که بر این اساس تغییرات عدد اکسایش آن در بازهٔ 3- تا 5+ قرار می‌گیرد. از این رو دو فرمول XH_3 و H_3XO_4 را می‌توان به این عنصر نسبت داد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۸۸ الف) نادرست؛ عدد اکسایش هر سه اتم نیتروژن در این مولکول یکسان و برابر -۳ است؛ زیرا خصلت نافلزی اتم N از اتم‌های H و C که به آن متصل هستند، بیشتر است.

ب) درست؛ فرمول مولکولی این ماده $C_{۱۶}H_{۱۹}N_۳O_۵S$ است. کاهنده‌ترین عنصر دورهٔ چهارم جدول تناوبی فلز پتاسیم با عدد اتمی ۱۹ است.

پ) نادرست؛ اتم‌های N، O و S به‌ترتیب هرکدام، یک، دو و دو جفت الکترون ناپیوندی دارند که در مجموع برابر ۱۵ جفت می‌شود.

$$\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی} = \frac{(۱۶\times۴)+(۱۹\times۱)+(۳\times۳)+(۵\times۲)+(۱\times۲)}{۲}=۵۲ \Rightarrow \frac{۵۲}{۱۵}\simeq ۳/۴$$

ت) درست

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۸۹ ۱) نادرست

$$۴Fe(s)+۶H_۲O(l)+۳O_۲(g) \rightarrow ۴Fe(OH)_۳(s)$$

مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش کلی خوردگی آهن برابر ۱۷ است.

۲) نادرست؛ وجود یون هیدرونیوم یا H^+ سبب افزایش سرعت انجام فرایند می‌شود.

۳) نادرست؛ به‌ازای تبدیل هر مول فلز آهن به یون $Fe^{۳+}$، سه مول الکترون مبادله می‌شود.

۴) درست

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۱۹۰ تمام موارد بیان شده درست هستند.

مورد اول: درست؛ جنس کاتد و آند در سلول هال از گرافیت است.

مورد دوم: درست

مورد سوم: درست

$$۲Al_۲O_۳+۳C \rightarrow ۴Al+۳CO_۲ \sim ۱۲e^-$$

مورد چهارم: درست؛ گاز $CO_۲$ گاز گلخانه‌ای است.

مورد پنجم: درست

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۹۱ با توجه به اندازهٔ تغییر دما در جدول داده‌شده، مقایسهٔ قدرت کاهندگی به‌صورت $B > C > H_۲ > A$ است؛ بنابراین در سلول گالوانی $(C-A)$، الکترود A نقش کاتد (قطب مثبت) را دارد و با گذشت زمان، غلظت یون‌های A^{n+} در آن کاهش می‌یابد.

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) قدرت اکسندگی کاتیون‌های A بیشتر از یون‌های هیدرونیوم است.

۲) در سلول گالوانی «$B-C$»، الکترود B که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، آند و الکترود C کاتد است و جهت حرکت الکترون‌ها از الکترود B به الکترود C می‌باشد.

۳) در سلول گالوانی «$C-SHE$» که C آند دستگاه است، با گذشت زمان و مصرف یون‌های H^+، خاصیت اسیدی محلول الکترولیت نیم‌سلول هیدروژن کاهش می‌یابد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۹۲ معادلهٔ موازنه‌شده به‌صورت زیر است:

$$2Al(s)+6HNO_3(aq) \rightarrow 2Al(NO_3)_3(aq)+3H_2(g)$$

در این واکنش، بار الکتریکی آلومینیم از صفر به $+3$ تغییر می‌کند؛ بنابراین براساس معادلهٔ موازنه‌شده، $2\times3=6$ مول الکترون مبادله می‌شود.

$$6/72\,L\ H_2\times\frac{1\,mol\ H_2}{22/4\,L\ H_2}\times\frac{2\,mol\ Al}{3\,mol\ H_2}\times\frac{27\,g\ Al}{1\,mol\ Al}=5/4\,g\ Al$$

در این واکنش، ۰/۲ مول یا ۵/۴ گرم آلومینیم، مصرف و ۰/۶ مول الکترون مبادله شده است.

$$\text{جرم نهایی تیغه} = \text{جرم اولیه} - \text{جرم مصرف‌شده} = 30-5/4=24/6\,g$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۹۳ عبارت‌های «الف» و «ب» درست هستند.

سلول سوختی هیدروژن: $\underbrace{2H_2}_{\text{کاهنده}}+\underbrace{O_2}_{\text{اکسنده}} \rightarrow 2H_2O\sim 4e^-$

سلول سوختی متان: $\underbrace{CH_4}_{\text{کاهنده}}+\underbrace{2O_2}_{\text{اکسنده}} \rightarrow CO_2+2H_2O\sim 8e^-$

الف) فرض می‌کنیم در هر دو سلول، x مول O_2 مصرف شود:

$$\text{جرم } H_2: x\,mol\,O_2\times\frac{2\,mol\,H_2}{1\,mol\,O_2}\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=4x\,g$$

$$\text{جرم } CH_4: x\,mol\,O_2\times\frac{1\,mol\,CH_4}{2\,mol\,O_2}\times\frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}=8x\,g$$

ب) اگر در هر دو سلول، ۱ مول الکترون مبادله شود، خواهیم داشت:

$$\text{جرم } H_2: 1\,mol\,e^-\times\frac{2\,mol\,H_2}{4\,mol\,e^-}\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=1\,g\,H_2$$

$$\text{جرم } CH_4: 1\,mol\,e^-\times\frac{1\,mol\,CH_4}{8\,mol\,e^-}\times\frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}=2\,g\,CH_4$$

پ)

$$2H_2\sim 4e^- \qquad 2CH_4\sim 16e^-$$

به‌ازای مصرف حجم یکسانی از H_2 و CH_4، شمار الکترون‌های مبادله‌شده در سلول سوختی متان، ۴ برابر سلول سوختی هیدروژن است.

ت)

$$\begin{cases}\text{مول } H_2: x\,mol\,O_2\times\frac{2\,mol\,H_2}{1\,mol\,O_2}=2x\,mol\\ \text{مول } CH_4: x\,mol\,O_2\times\frac{1\,mol\,CH_4}{2\,mol\,O_2}=\frac{1}{2}x\,mol\end{cases}\Rightarrow\frac{\text{حجم } CH_4}{\text{حجم } H_2}=\frac{\text{مول } CH_4}{\text{مول } H_2}=\frac{\frac{1}{2}x}{2x}=\frac{1}{4}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۹۴ با توجه به داده‌های پرسش، می‌توان نوشت:

$$3Mg+2M^{3+} \rightarrow 2M+3Mg^{2+}$$

$$emf=0/71=E^\circ(M^{3+}/M)-E^\circ(Mg^{2+}/Mg) \Rightarrow 0/71=E^\circ(M^{3+}/M)-(-2/37) \Rightarrow E^\circ(M^{3+}/M)=-1/66\,V$$

حال خواهیم داشت: $2M+3Zn^{2+} \rightarrow 2M^{3+}+3Zn$, $emf=-0/76-(-1/66)=0/9\,V$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۹۵ همهٔ عبارت‌های داده شده، نادرست هستند.

- شکل داده شده مربوط به حلبی است. آهن سفید، نام دیگر آهن گالوانیزه می‌باشد.
- در صورت خراش دیدن حلبی، قلع نقش کاتد را دارد، اما نیم‌واکنش کاهش مربوط به مولکول‌های اکسیژن است (فلزها کاهش نمی‌یابند.)
- از حلبی می‌توان برای ساخت ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد.
- آب، نقش الکترولیت و واکنش‌دهنده را دارد و نقش کاهندگی یا اکسندگی ندارد. (O_2، گونهٔ اکسنده است.)

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۹۶ واکنش موازنه‌شدهٔ فرایند هال به‌صورت $3C(s)+2Al_2O_3(l) \rightarrow 4Al(l)+3CO_2(g)$ است:

$$540kg\ Al \times \frac{1mol\ Al}{27g\ Al} \times \frac{3mol\ C}{4mol\ Al} \times \frac{12g\ C}{1mol\ C} = 180kg\ C$$

$$540kg\ Al \times \frac{1000g\ Al}{1kg\ Al} \times \frac{1mol\ Al}{27g\ Al} \times \frac{3mol\ CO_2}{4mol\ Al} \times \frac{30L\ CO_2}{1mol\ CO_2} \times \frac{1m^3\ CO_2}{1000L\ CO_2} = 450m^3\ CO_2$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۹۷ عبارت‌های «الف» و «ب» درست هستند.

بررسی عبارت‌های نادرست:

پ) در تولید هر دو فلز سدیم و منیزیم، از نمک‌های مذاب استفاده می‌شود، زیرا در محیط‌های آبی، Na^+ و Mg^{2+} کاهش نمی‌یابند.

ت) برای کاهش نقطهٔ ذوب سدیم کلرید، از $CaCl_2$ جامد استفاده می‌شود و استفاده از محلول $CaCl_2$ نادرست است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۹۸ نیم‌واکنش با E° کمتر $(-0/84)$، نقش آند و نیم‌واکنش با E° بزرگ‌تر $(-0/83)$، نقش کاتد را دارد؛ بنابراین در آند، یون H^+ (محیط اسیدی) و در کاتد، یون OH^- (محیط بازی) تولید می‌شود.

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) در آند این سلول، آب مصرف شده، Si اکسایش یافته و یون هیدرونیوم و SiO_2 تولید می‌شوند.

۳) یک سلول گالوانی در این آزمایش تشکیل می‌شود که در کاتد آن، مولکول‌های آب کاهش می‌یابند.

۴) نیروی الکتروموتوری این سلول ۰/۰۱ ولت است، اما اطراف قطب منفی (آند)، یون H^+ تولید می‌شود. در اطراف کاتد (قطب مثبت)، گاز هیدروژن تولید می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

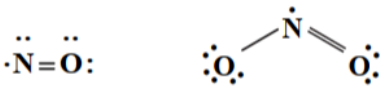
۱۹۹ عدد اکسایش همهٔ اتم‌های کربن متصل به اتم کلر یا متصل به اتم اکسیژن، $+1$ $(+1-3=-4)$ است:

$$\frac{1+1+1}{1+1+1}=1$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

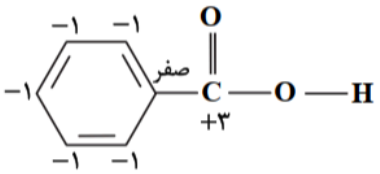
www.MrKonkor.com
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۰۰ عبارت اول: نادرست؛ ساختار هشت‌تایی ندارند.



عبارت دوم: درست

عبارت سوم: درست



$C_7H_6O_2$

کربن بیشترین درصد جرمی را دارد.

$$\frac{۵}{۷} \times ۱۰۰ \simeq ٪۷۱$$

عبارت چهارم: درست

آلکان هم‌کربن $C_{۴۰}H_{۸۲}$

$$۸۲ - ۵۶ = ۲۶ \Rightarrow \frac{۲۶}{۲} = ۱۳$$

هر پیوند دوگانه، ۲ هیدروژن از فرمول کم می‌کند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۰۱ الف) درست

$$۲H_۲ + O_۲ \rightarrow ۲H_۲O \sim ۴e^-$$

$$\frac{?g}{۲ \times ۱۸g} = \frac{۱mol}{۴mol} \Rightarrow ? = ۹$$

ب) درست؛ پتانسیل نیم‌واکنشی آندی برابر صفر است؛ زیرا همان نیم‌واکنش SHE است.

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

پ) نادرست؛ جهت حرکت الکترون در هر دو نوع سلول گالوانی و الکترولیتی از آند به کاتد است.

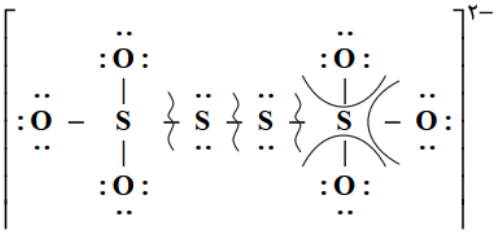
ت) نادرست؛ در سلول گالوانی کاتیون‌ها پس از مهاجرت به‌سمت کاتد، مصرف نمی‌شوند ولی در سلول سوختی کاتیون‌های H^+ پس از عبور از غشاء در بخش کاتدی با گاز اکسیژن واکنش می‌دهند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۰۲ ۱) درست؛ بار الکتریکی هر دو یون برابر « −۲ » است.

۲) درست

۳) نادرست



عدد اکسایش اتم S متصل به اتم‌های اکسیژن برابر است با: $+۵ = ۱ - ۶$

عدد اکسایش اتم S متصل به اتم S برابر است با: $۰ = ۶ - ۶$

۴) درست؛ عدد اکسایش اتم‌های S در یون A برابر $+۶$ است که برابر با بالاترین عدد اکسایش اتم گوگرد است. از این رو یون A همواره نقش اکسندگی دارد ولی در یون B عدد اکسایش اتم‌های S برابر $+۶$ نیست و فاقد این ویژگی است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۰۳ فرمول شیمیایی همگانی پاک‌کننده‌های غیرصابونی با زنجیر آلکیل به‌صورت زیر است:

$$C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3Na \rightarrow C_{14}H_{29}C_6H_4SO_3Na \Rightarrow C_{20}H_{33}SO_3Na$$

پس عبارت داده‌شده نادرست است.

مورد اول: نادرست؛ برای تهیهٔ فلز سدیم نمی‌توان از برقکافت محلول‌های آبی سدیم کلرید استفاده کرد و از سدیم کلرید مذاب استفاده می‌شود.

مورد دوم: نادرست

$$2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2 \sim 12e^-$$

به‌ازای تولید هر مول Al، سه مول الکترون مبادله می‌شود.

مورد سوم: درست

$$CH_2O \Rightarrow \text{صفر: C} \qquad H-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}-F \Rightarrow \text{صفر: O}$$

مورد چهارم: نادرست؛ قدرت کاهندگی فلزی مانند Al (دستهٔ p) از قدرت کاهندگی بسیاری از فلزهای دستهٔ d بیشتر است، ولی قدرت کاهندگی فلزی مانند قلع از قدرت کاهندگی برخی از فلزهای دستهٔ d کمتر است.

پس تنها مورد سوم از نظر درستی یا نادرستی با عبارت داده‌شده متفاوت است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۰۴ با توجه به چگالی آب دریا که برابر $1g \cdot mL^{-1}$ است، پس:

$$\frac{2/5gMg^{2+}}{1L} = \frac{1000gMg^{2+}}{?L} \Rightarrow ? = 400L$$

$$2500ppm = \frac{2500mg\ \text{منیزیم}}{1L\ \text{آب دریا}}$$

با توجه به اینکه بازده درصدی برقکافت برابر ۸۰ درصد است، پس به مقدار بیشتری از آب دریا نیاز است:

$$400 \times \frac{100}{80} = 500$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۰۵ ۱) نادرست؛ در محیط اسیدی پتانسیل کاهشی اکسیژن مثبت‌تر می‌شود ولی پتانسیل کاهشی فلز آهن تغییر نمی‌کند.

۲) درست

۳) نادرست؛ مجموع ضرایب برابر ۱۷ است.

$$4Fe(s) + 6H_2O(l) + 3O_2(g) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$$

۴) نادرست؛ مهم‌ترین روش صنعتی برای جلوگیری از خوردگی آهن، حفاظت کاتدی یا متصل کردن فلزهایی با پتانسیل منفی‌تر از پتانسیل آهن به فلز آهن است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۰۶ عبارت‌های «اول»، «چهارم» و «پنجم» درست هستند.

بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت دوم: در سلول سوختی، گازهای هیدروژن و اکسیژن به‌صورت کنترل شده با هم واکنش می‌دهند.

عبارت سوم: در سلول سوختی، بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۰۷ سلول گالوانی (emf) = نیروی الکتروموتوری = $E°(\text{کاتد}) - E°(\text{آند})$

$$\begin{cases} E°(Cu) - E°(Zn) = 1/1 \\ E°(Ag) - E°(Al) = 2/46 \\ E°(Ag) - E°(Cu) = 0/46 \end{cases}$$

$$E°(Zn) - E°(Al) = 0/9 \Rightarrow (-0/76) - E°(Al) = 0/9 \Rightarrow E°(Al) = -1/66V$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۰۸ افزودن کلسیم کلرید باعث می‌شود تا نقطهٔ ذوب کاهش یابد:

$$۳/۰۱\times۱۰^{۲۲}e^{-}\times\frac{۱mol\ e^{-}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^{-}}=۰/۰۵mol\ e^{-}$$

در برقکافت سدیم کلرید مذاب، به‌ازای مبادلهٔ ۱ مول الکترون، ۱ مول فلز سدیم در کاتد (قطب منفی) و ۰/۵ مول گاز کلر در آنـد (قطـب مثبـت) تولید می‌شود.

$$۲NaCl(l)\rightarrow ۲Na(l)+Cl_{۲}(g)$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۰۹ با توجه به پتانسیل‌های داده‌شده هر دو فلز با محلول هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند. غلظت اولیـه $HCl(aq)$ بـا $pH=۰/۳$ برابـر ۰/۵ مولار و غلظت پایانی آن با $pH=۰/۵$ برابر ۰/۳ مولار است، پس تغییر مول اسید یا شمار مول‌های مصـرف‌شـده از HCl برابـر بـا $x+y=۰/۷۸$:آنگاه $۰/۴L\times(۰/۵-۰/۳)M=۰/۰۸mol$ است. اگر جرم Mg و Al را در نمونه به‌ترتیب x و y گرم در نظر بگیریم،

از سویی براساس معادلهٔ واکنش‌ها می‌توان به رابطهٔ میان x و y با مول مصرفی HCl دست یافت:

$$\left.\begin{array}{l} Mg+۲HCl\rightarrow MgCl_{۲}+H_{۲} \\ \frac{x\,g}{۲۴\,g}=\frac{?\,mol}{۲\,mol}\Rightarrow ?=\frac{x}{۱۲} \\ ۲Al+۶HCl\rightarrow ۲AlCl_{۳}+۳H_{۲} \\ \frac{y\,g}{۲\times۲۷\,g}=\frac{?\,mol}{۶\,mol}\Rightarrow ?=\frac{y}{۹} \end{array}\right\}\Rightarrow\left.\begin{array}{l}\frac{x}{۱۲}+\frac{y}{۹}=\frac{۸}{۱۰۰}\\ x+y=۰/۷۸\end{array}\right\}\Rightarrow y=۰/۵۴\ ,\ x=۰/۲۴\Rightarrow \%Mg=\frac{۰/۲۴}{۰/۷۸}\times۱۰۰=۳۰/۷$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۱۰ بررسی همهٔ گزینه‌ها:

۱) نادرست؛ مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در بنزوئیک اسید با فرمول مولکولی $C_{۷}H_{۶}O_{۲}$ برابر -۲ و مجموع عدد اکسایش اتم‌هـای نیتروژن در هیدرازین با فرمول مولکولی $N_{۲}H_{۴}$ برابر -۴ است.

۲) درست؛ عدد اکسایش آهن در $Fe_{۳}O_{۴}$ برابر $+\frac{۸}{۳}$ است. عدد اکسایش یک یون نمی‌تواند مقدار کسری یا اعشاری باشد، پس درمی‌یابیم که عدد اکسایش یون‌های آهن در این ترکیب متفاوت است که میانگین آن‌ها برابر $+\frac{۸}{۳}$ شده است. در این ساختار دو یون $Fe^{۳+}$ و یک یون $Fe^{۲+}$ وجود دارد.

۳) نادرست

$$CH_{۴}+۲O_{۲}\rightarrow CO_{۲}+۲H_{۲}O$$

در نیم‌واکنش آندی به‌ازای مصرف هر مول متان و تولید $CO_{۲}$، ۸ مول الکترون مبادله می‌شود؛ زیرا عدد اکسایش اتم C در $CH_{۴}$ و $CO_{۲}$ به‌ترتیب برابر -۴ و $+۴$ و اختلاف آن‌ها برابر ۸ واحد است.

۴) نادرست؛ هرچه پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلولی منفی‌تر باشد، گونهٔ کاهنده آن تمایل بیشتری به اکسایش و از دست دادن الکترون دارد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۱۱ **بررسی همهٔ گزینه‌ها:**

۱) نادرست؛ در برقکافت منیزیم کلرید مذاب برخلاف فرایند هال چگالی فلز مذاب کمتر از چگالی الکترولیت مذاب است و از قسمت‌های بالای سلول جمع‌آوری می‌شود.

۲) نادرست؛ در فرایند هال، جنس آند و کاتد یکسان و از گرافیت است.

۳) نادرست؛ کلسیم کلرید به‌عنوان ناخالصی به کاهش نقطه ذوب سدیم کلرید کمک می‌کند. (مانند ناخالصی شن و ماسه یا سدیم کلرید در ذوب یخ و برف!)

در این فرایند آب وجود ندارد و انحلال گرماده $CaCl_2$ در آب ارتباطی با این فرایند ندارد.

۴) درست؛

$$2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2 \sim 12e^-$$

$$MgCl_2 \rightarrow Mg + Cl_2 \sim 2e^-$$

برای برابری مول الکترون‌ها معادلهٔ دوم را در عدد ۶ ضرب می‌کنیم که در نتیجه:

$$\frac{4Al}{6Mg} = \frac{4\times 27g}{6\times 24g} = \frac{27}{6\times 6} = \frac{3}{4} = 0/75$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۱۲ **پاسخ تشریحی** همهٔ عبارت‌های داده‌شده درست هستند.



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

ب) تولید مواد (مانند برقکافت و آبکاری)

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

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۱۳ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها:

۱ و ۲ به طور کلی نیم‌واکنش اکسایش به صورت مقابل نوشته می‌شود: $(m < n)$

$$A^m \rightarrow A^n + ae^-$$

در این نیم‌واکنش، A^m اکسایش یافته و بار الکتریکی آن مثبت‌تر می‌شود (درستی ۱) و هم‌چنین الکترون در سمت راست معادله و در کنار A^n نوشته می‌شود (درستی ۲).

۳ درسته!



۴ در موازنهٔ نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، علاوه بر بار الکتریکی، باید تعداد اتم‌های دو طرف معادله نیز با هم برابر شوند.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۱۴ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** ابتدا معادلهٔ واکنش را نوشته و موازنه می‌کنیم:

$$2Al(s)+3CuSO_4(aq)\rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq)+3Cu(s)$$

گام دوم: جرم اولیهٔ تیغهٔ آلومینیمی را x در نظر می‌گیریم.

بنابراین: $\text{جرم آلومینیم خورده‌شده} = x\times\frac{72}{100}=0/72\,x\,g\,Al$

گام سوم: جرم مس رسوب‌کرده روی تیغه را از روی جرم آلومینیم خورده‌شده به دست می‌آوریم:

$$\text{جرم مس رسوب‌کرده بر تیغه} = 0/72x\,g\,Al\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{3\,mol\,Cu}{2\,mol\,Al}\times\frac{64\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu}=2/56x\,g\,Cu$$

گام چهارم: جرم اولیهٔ تیغه را مطابق محاسبات زیر به دست می‌آوریم:

جرم مس رسوب‌کرده روی تیغه − جرم آلومینیم مصرف‌شده − جرم اولیهٔ تیغه = جرم نهایی تیغه

$$\Rightarrow 14/2=x-0/72x+2/56x \Rightarrow 14/2=2/84x \Rightarrow x=5\,g$$

در این واکنش، $0/72x$ گرم یعنی $0/72\times5$ گرم آلومینیم مصرف شده است؛ از طرفی هر مول Al با تبدیل‌شدن به Al^{3+}، ۳ مول الکترون از دست می‌دهد؛ بنابراین خواهیم داشت:

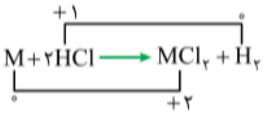
$$0/72\times5\,g\,Al\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{3\,mole^-}{1\,mol\,Al}=\frac{0/72\times5\times3}{27}=0/08\times5=0/4\,mole^-$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۱۵ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های سوم و پنجم درست هستند.

معادلهٔ واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:



بررسی عبارت‌ها:

عبارت‌های اول و پنجم: یون‌های کلرید، یون‌های تماشاچی بوده و در واکنش، بدون هیچ تغییری باقی می‌مانند (*فقط فلز* M *داره تغییر میکنه و هیدرونیوم*) بنابراین با توجه به شکل‌ها، گونهٔ B (*که هیچ تغییری نکرده*)، یون Cl^- بوده و گونهٔ A همان M^{2+} است.

یه جور دیگه هم می‌شد فهمید! گونهٔ A با سر منفی مولکول‌های آب یعنی اتم اکسیژن آب‌پوشی شده است؛ پس یک گونه با بار مثبت بوده و همان M^{2+} است. گونهٔ B با سر مثبت مولکول‌های آب یعنی اتم‌های هیدروژن، آب پوشیده شده است؛ پس یک گونه با بار منفی بوده و همان Cl^- است.

عبارت‌های دوم و سوم: در این واکنش، فلز M نقش کاهنده را دارد و با از دست دادن الکترون، شعاع آن کاهش می‌یابد (شعاع یک کاتیون کم‌تر از شعاع اتم خنثی است). یون هیدرونیوم نیز نقش اکسنده را ایفا می‌کند و با گرفتن الکترون، به گاز دواتمی هیدروژن (گونهٔ X) تبدیل می‌شود (درستی عبارت سوم)؛ به همین خاطر با مصرف یون‌های هیدرونیوم، غلظت آن در محلول کاهش یافته و pH محلول افزایش می‌یابد (نادرستی عبارت دوم).

عبارت چهارم: با حذف یون Cl^-، معادلهٔ واکنش به این صورت نوشته می‌شود:

$$M + 2H^+ \rightarrow M^{2+} + H_2$$

تغییرات غلظت مواد در بازهٔ زمانی معین، متناسب با ضریب آن‌ها در معادلهٔ واکنش است. همان‌طور که می‌بینید ضریب H^+ دو برابر M^{2+} است؛ در نتیجه مقدار تغییر غلظت آن نیز دو برابر می‌باشد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۱۶ **پاسخ تشریحی** مقدار گرمای آزادشده در اثر ورود فلز A به محلول $CuSO_4$ برابر است با:

$$Q = mc\Delta\theta = 200 \times 4 \times (24 - 20) = 3200\,J = 3/2\,kJ$$

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) فلز C قدرت کاهندگی کم‌تری نسبت به فلز D دارد؛ پس یون C^{m+} قدرت اکسندگی بیشتری نسبت به D^{n+} دارد. (هرگز نمی‌توان قدرت اکسندگی فلزات را در حالت خنثی مقایسه کرد، چون فلزات یون منفی نمی‌سازند).

توجه مقایسهٔ قدرت اکسندگی فلزات در حالت خنثی ممنوع!

۲) با توجه به دمای نهایی محلول‌ها، مقایسهٔ قدرت کاهندگی فلزها به صورت زیر است:

$$\text{قدرت کاهندگی}: B > A > D > C$$

اگر A آهن باشد، B می‌تواند منیزیم باشد، اما با توجه به قدرت کاهندگی بیشتر روی نسبت به آهن، D نمی‌تواند روی باشد.

۴) با ورود تیغهٔ C به محلول مس (II) سولفات، دمای محلول تغییری نکرده است، یعنی فلز C قدرت کاهندگی کم‌تری نسبت به فلز مس دارد. سومین فلز دورهٔ سوم جدول تناوبی، آلومینیم است که قدرت کاهندگی آن بیشتر از فلز مس می‌باشد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

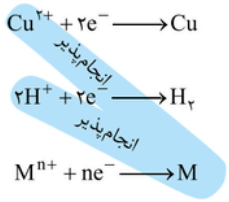
۲۱۷ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها:

۱) با توجه به نیم‌واکنش‌های زیر، Al الکترون از دست داده و اکسایش یافته، بنابراین گونهٔ کاهنده محسوب می‌شود.

$$۲Al \rightarrow ۲Al^{۳+} + ۶e^-$$
$$۲Fe^{۳+} + ۶e^- \rightarrow ۲Fe$$
$$۲Al + ۲Fe^{۳+} \rightarrow ۲Al^{۳+} + ۲Fe$$

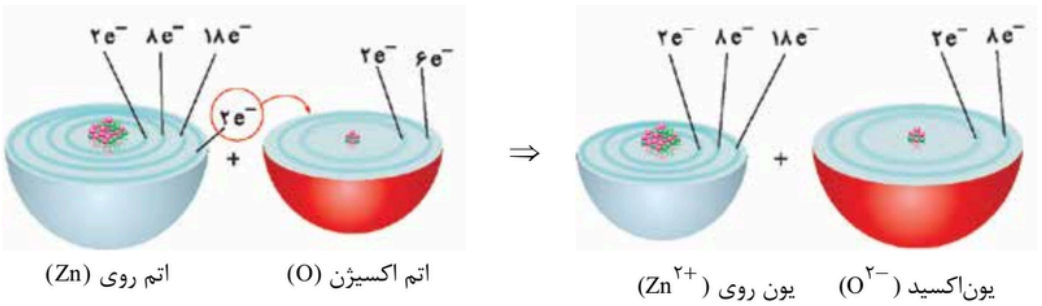
۲) فلزهایی با محلول هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند که قدرت کاهندگی بیشتری از هیدروژن دارند؛ یعنی E° آن‌ها منفی بوده و در سری الکتروشیمیایی، پایین‌تر از هیدروژن قرار دارند. از طرفی فلزهایی مانند مس و طلا که قدرت کاهندگی کم‌تری از هیدروژن دارند و E° آن‌ها مثبت است، در سری الکتروشیمیایی، بالای هیدروژن قرار می‌گیرند.

نیم‌واکنش کاهش	E° (V)
$Cu^{۲+}(aq) + ۲e^- \rightarrow Cu(s)$	+۰/۳۴
$۲H^+(aq) + ۲e^- \rightarrow H_۲(g)$	۰/۰۰
$M^{n+}(aq) + ne^- \rightarrow M(s)$	<۰/۰۰



در سری الکتروشیمیایی، گونهٔ سمت راست نیم‌واکنش پایین‌تر می‌تواند با گونهٔ سمت چپ نیم‌واکنش بالاتر واکنش دهد. با توجه به این‌که E° نیم‌واکنش‌های $Cu^{۲+}/Cu$ بزرگ‌تر از نیم‌واکنش M^{n+}/M است، $Cu^{۲+}$ می‌تواند فلز M را اکسید کرده و با آن واکنش دهد.

۳) در واکنش فلز روی با گاز اکسیژن ($۲Zn + O_۲ \rightarrow ۲ZnO$)، اکسیژن الکترون می‌گیرد و اکسنده است. شعاع $O^{۲-}$ از O بزرگ‌تر است.



۴) *نه کی گفته؟!* برای مثال در واکنش اکسایش ـ کاهش زیر، تعداد اتم‌های گونهٔ کاهنده (Al) برابر ۲ و شمار اتم‌های گونهٔ اکسنده ($Cu^{۲+}$) برابر ۳ است.

$$۲Al + ۳Cu^{۲+} \rightarrow ۲Al^{۳+} + ۳Cu$$

نکته هر یک از واکنش‌های اکسایش ـ کاهش، باید هم از نظر تعداد اتم‌ها (جرم) و هم از نظر بار الکتریکی، موازنه باشند:

تعداد اتم هر عنصر در سمت راست = تعداد اتم هر عنصر در سمت چپ: موازنهٔ جرم

مجموع بارهای الکتریکی مثبت و منفی در سمت راست معادله = مجموع بارهای الکتریکی مثبت و منفی در سمت چپ معادله: موازنهٔ بار

یادتون باشه! در یک واکنش اکسایش ـ کاهش موازنه‌شده، لزوماً تعداد اتم‌های گونهٔ کاهنده و گونهٔ اکسنده با هم برابر نیستند.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۱۸ **پاسخ تشریحی** ابتدا به بررسی گزاره‌ها می‌پردازیم:

گزارهٔ اول: افزایش دما، نشانهٔ انجام خودبه‌خودی واکنش شیمیایی است و فلز W (فلزی با قدرت کاهندگی بیشتر) می‌تواند با **کاتیون** فلزهای X، Z و G (فلزهایی با قدرت کاهندگی کم‌تر) به طور جداگانه واکنش دهد و باعث افزایش دمای مخلوط واکنش شود؛ بنابراین از گزارهٔ اول نتیجه می‌گیریم که فلز W بیشترین قدرت کاهندگی را دارد.

گزارهٔ دوم: فلز Z برخلاف فلز X با محلول هیدروکلریک اسید واکنش نمی‌دهد؛ بنابراین قدرت کاهندگی Z از X کم‌تر است.

گزارهٔ سوم: در اثر قراردادن فلز Z در محلول دارای یون‌های G^{2+}، یک واکنش اکسایش ـ کاهش انجام شده و کاتیون Z^{+} و فلز G تولید می‌شود که به صورت رسوب بر روی تیغهٔ Z می‌نشیند؛ پس قدرت کاهندگی فلز Z از فلز G بیشتر است.

$$G^{2+} + 2e^- \longrightarrow G$$
$$2Z^{+} + 2e^- \longrightarrow 2Z$$
$$\Rightarrow 2Z(s) + G^{2+}(aq) \longrightarrow 2Z^{+}(aq) + G(s)$$

با توجه به نتیجه‌گیری‌های انجام‌شده، خواهیم داشت:

مقایسهٔ قدرت کاهندگی فلزات: $W > X > Z > G$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۱۹ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها:

۱)

$BrO_3^-: Br + 3(-2) = -1 \Rightarrow Br = +5$ هم اکسنده و هم کاهنده

$S^{2-} \rightarrow S = -2$ فقط کاهنده

۲)

$NO_3^-: N + 3(-2) = -1 \Rightarrow N = +5$ فقط اکسنده

$PH_4^+: P + 4(+1) = 1 \Rightarrow P = -3$ فقط کاهنده

۳)

$NH_4^+: N + 4(+1) = +1 \Rightarrow N = -3$ فقط کاهنده

$NO_3^-: N + 3(-2) = -1 \Rightarrow N = +5$ فقط اکسنده

۴)

$SO_3^{2-}: S + 3(-2) = -2 \Rightarrow S = +4$ هم اکسنده و هم کاهنده

$NH_4^+: N + 4(+1) = +1 \Rightarrow N = -3$ فقط کاهنده

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۲۰ **پاسخ تشریحی** موارد «الف» و «پ» درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

الف) برای محاسبهٔ ولتاژ یک سلول گالوانی، ابتدا آند و کاتد را تعیین کرده، سپس E° آند را از E° کاتد کم می‌کنیم: $emf = E^\circ_{\text{سلول}} = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}}$

در سلول گالوانی $A-D$، با توجه به این‌که E° مربوط به نیم‌سلول D، کوچک‌تر (منفی‌تر) است. الکترود D، آند و الکترود A، کاتد می‌باشد:

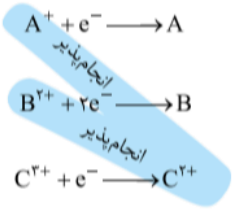
$$emf = ۱/۳۳ - (-۱/۵۹) = ۲/۹۲\,V$$

برای سلول گالوانی $A-B$ هم داریم: $emf = ۱/۳۳ - ۰/۸۷ = ۰/۴۶\,V \Rightarrow \frac{۲/۹۲}{۰/۴۶} \simeq ۶/۳۵$

ب) پتانسیل‌های الکترودی استاندارد، همواره به صورت پتانسیل کاهشی گزارش می‌شوند: گونهٔ کاهنده $\rightarrow$ گونهٔ اکسنده $+ ne^-$

پس برای مقایسهٔ قدرت اکسندگی نمونه‌ها، باید گونه‌های سمت چپ نیم‌واکنش‌های کاهشی را مقایسه کنید. هر چه E°، مثبت‌تر باشد، گونهٔ سمت چپ بهتر کاهش می‌یابد و اکسندهٔ قوی‌تری است؛ بنابراین با توجه به جدول داده‌شده در سؤال، فقط می‌توان گفت قدرت اکسندگی $B^{۲+}$ از $C^{۳+}$ بیشتر است!

پ) *درسته!* در سری الکتروشیمیایی، گونهٔ سمت راست پایین‌تر می‌تواند با گونهٔ سمت چپ بالاتر واکنش دهد:



ت) با توجه به سری الکتروشیمیایی داده‌شده در صورت سؤال، A^+ بیشترین E° را داشته، بنابراین قوی‌ترین اکسنده است؛ اما قوی‌ترین کاهنده (گونه‌ای که با از دست دادن الکترون اکسایش یابد) D می‌باشد، نه $D^{۳+}$.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۲۱ **پاسخ تشریحی** با توجه به صورت سؤال که قدرت اکسندگی $B^{۲+}$ را کم‌تر از $X^{۳+}$ فرض کرده، می‌توان دریافت که E° نیم‌سلول B کم‌تر از X است؛ پس دو حالت پیش می‌آید:

✓ X بالاتر از B قرار دارد. $E^\circ(B^{۲+}/B) = ۰/۱V$ ، $E^\circ(X^{۳+}/X) = ۰/۷V$

✓ X بالاتر از B قرار دارد. $E^\circ(B^{۲+}/B) = -۰/۱V$ ، $E^\circ(X^{۳+}/X) = ۰/۷V$

نتیجه: پتانسیل کاهشی استاندارد B، می‌تواند $۰/۱V$ یا $-۰/۱V$ باشد و پتانسیل کاهشی استاندارد X برابر $۰/۷$ ولت بوده و از پتانسیل کاهشی B بزرگ‌تر است. تا این‌جا ۴ پَر!

بریم سراغ تعیین تکلیف ها! سلول گالوانی $A-X$ بیشترین ولتاژ و سلول $B-X$ باید کم‌ترین ولتاژ ممکن را در بین نیم‌سلول‌های ممکن تولید کند.

برای نیم‌سلول A دو حالت داریم:

الف) $E^\circ(A^+/A) = ۰/۶V$

در این حالت پتانسیل سلول $A-X$ برابر $۰/۱V$ $(۰/۱ = ۰/۶ - ۰/۷)$ خواهد بود و پتانسیل سلول $B-X$ (در هر دو ولتاژ $۰/۱$ یا $-۰/۱$ ولت برای نیم‌سلول B) می‌تواند برابر $۰/۶V$ یا $۰/۸V$ باشد که با اطلاعات سؤال همخوانی ندارد! زیرا سلول $A-X$ کم‌ترین ولتاژ و سلول $B-X$، بیشترین ولتاژ را خواهد داشت! پس ۱ و ۳ هم پَر!

ب) $E^\circ(A^+/A) = -۰/۶V$

در این حالت پتانسیل سلول $A-X$ برابر $۱/۳V$ بوده و در هر حال از پتانسیل سلول $B-X$ بیشتر است؛ پس حالت «ب» *درسته!* و پتانسیل کاهشی استاندارد A برابر $-۰/۶$ ولت (کم‌تر از X و B) می‌باشد.

ترتیب پتانسیل کاهشی (ولت): $X > ۰ > B(-۰/۱) > A$ یا $X > B(۰/۱) > ۰ > A$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۲۲ عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست‌اند.

پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: در سلول مورد نظر، الکترود روی، آند و الکترود نقره، کاتد است. می‌دانید که جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به سمت کاتد می‌باشد؛ یعنی در این‌جا از الکترود روی به سمت الکترود نقره (مسیر ۱).

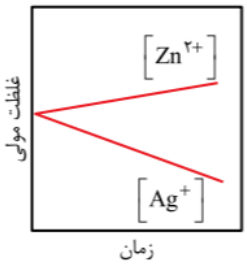
عبارت دوم: *درسته!* به نیم‌واکنش‌های زیر توجه کنید:

$$\text{نیم‌واکنش اکسایش: } Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

$$\text{نیم‌واکنش کاهش: } 2Ag^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s)$$

$$\text{واکنش کلی سلول: } Zn(s) + 2Ag^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$

عبارت سوم: در سلول گالوانی «روی ـ نقره»، با گذشت زمان، یون‌های Zn^{2+} تولید و یون‌های Ag^+ مصرف می‌شوند؛ یعنی غلظت یون‌های Zn^{2+} افزایش و غلظت Ag^+ کاهش می‌یابد، اما با توجه به این‌که در معادلهٔ واکنش، ضریب نقره دو برابر ضریب روی است، مقدار تغییر غلظت یون Ag^+ در یک بازهٔ زمانی معین (شیب تغییر غلظت Ag^+) دو برابر مقدار تغییر غلظت Zn^{2+} است:



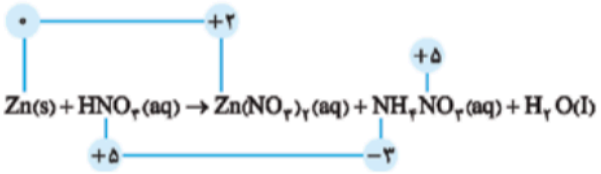
عبارت چهارم: بیایید حساب کنیم:

$$2mole^- \sim 2molAg$$

$$9/03\times10^{22}e^- \times \frac{1mole^-}{6/02\times10^{23}e^-} \times \frac{2molAg}{2mole^-} \times \frac{108gAg}{1molAg} = 16/2gAg$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۲۳ **پاسخ تشریحی**



گام اول: در سمت راست، دو نوع عدد اکسایش برای نیتروژن داریم؛ پس موازنه را از این سمت شروع می‌کنیم.

گام دوم: تغییر عدد اکسایش روی (کاهنده) برابر ۲ $(2 = 0 - 2)$ و تغییر عدد اکسایش نیتروژن (اکسنده) برابر ۸ $(8 = (-3) - 5)$ است. دو عدد ۲ و ۸ با *همدیگه ساده شده و تبدیل به ۱ و ۴ می‌شن*؛ پس عدد ۱ را ضریب NH_4NO_3 و عدد ۴ را ضریب $Zn(NO_3)_2$ قرار می‌دهیم:

$$\ldots Zn + \ldots HNO_3 \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + 1NH_4NO_3 + \ldots H_2O$$

گام سوم: با توجه به مشخص‌بودن شمار اتم‌های N و Zn در سمت راست معادله، ضریب HNO_3 و Zn به ترتیب باید برابر ۱۰ و ۴ باشد.

$$4Zn + 10HNO_3 \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + 1NH_4NO_3 + \ldots H_2O$$

گام چهارم: حال با توجه به ضرایب به‌دست‌آمده، ضریب H_2O را نیز به دست می‌آوریم:

$$4Zn + 10HNO_3 \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + 1NH_4NO_3 + 3H_2O$$

نسبت تغییر درجهٔ اکسایش گونهٔ اکسنده (اتم N) با گونهٔ کاهنده (اتم Zn) برابر $\frac{8}{2} = 4$ بوده و مجموع ضرایب مواد در معادله برابر ۲۲ است.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۲۴ **پاسخ تشریحی** در سلول گالوانی «روی ـ مس»، الکترود روی، آند و الکترود مس، کاتد است. واکنش انجام‌شده در این سلول به صورت زیر است:

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \sim 2mole^-$$

قسمت اول: جرم تیغهٔ آندی (روی) را برابر a گرم در نظر می‌گیریم. در اثر مصرف ۸۳/۳۳ درصد از تیغهٔ a گرمی روی، جرم تیغهٔ کاتدی (مس) ۲۰۸ گرم افزایش می‌یابد. $(\frac{83/33}{100} = \frac{250}{300})$

$$\frac{\text{درصد مصرف‌شده} \times \text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Zn}} = \frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Cu}} \Rightarrow \frac{a}{1\times 65} \times \frac{\cancel{250}^{5}}{\cancel{300}_{6}} = \frac{\cancel{208}^{13}}{\cancel{1\times 64}_{4}} \Rightarrow a = \frac{\cancel{65}^{13} \times \cancel{6}^{3} \times 13}{\cancel{4}_{2} \times \cancel{5}} = 253/5g$$

قسمت دوم: به ازای تولید یک مول Cu در این واکنش، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود:

$$Cu \sim 2e^-$$

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Cu}} = \frac{\text{مول}}{\underbrace{\text{ضریب} \times 1}_{e^-}} \Rightarrow \frac{\cancel{208}^{13}}{\cancel{64}^{4}_{2}} = \frac{x}{\cancel{2}_{1}} \Rightarrow x = 6/5 mole^-$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۲۵ **پاسخ تشریحی** فقط مورد چهارم درست است.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: در حفاظت کاتدی، برای جلوگیری از زنگ‌زدن آهن، می‌توان آن را در تماس با یک فلز فعال‌تر (کاهنده‌تر) که E° کوچک‌تری نسبت به آهن دارد، قرار داد که در صورت فراهم‌شدن شرایط مناسب، به جای آهن، خورده شود. در آهن گالوانیزه، فلز روی به علت داشتن E° کوچک‌تر نسبت به آهن، با حفاظت کاتدی از آهن مراقبت می‌کند، ولی در حلبی، فلز قلع با وجود حفاظت فیزیکی از آهن، به علت داشتن E° بزرگ‌تر نسبت به آن، نمی‌تواند نقش حافظ کاتدی را ایفا کند.

عبارت دوم: در هر دو نمونه، رطوبت به عنوان یکی از واکنش‌دهنده‌های فرایند خوردگی در نیم‌واکنش کاهش (*نه اکسایش!*) شرکت می‌کند.

نیم‌واکنش کاهش در حلبی و آهن گالوانیزه: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

عبارت سوم: اگر بر سطح آهن حلبی خراشی ایجاد شود، فلز آهن که E° کوچک‌تری دارد، اکسید شده و خورده می‌شود و قلع در نقش کاتد نسبت به خوردگی محافظت می‌شود.

عبارت چهارم: در فرایند خوردگی آهن گالوانیزه، گونهٔ کاهنده، Zn و گونهٔ اکسنده O_2 است. *هواستون باشه* در این فرایند، فلز آهن (کاتد) تنها نقش رسانای الکترونی را دارد و خودش کاهش نمی‌یابد.

نیم‌واکنش اکسایش: $2Zn(s) \rightarrow 2Zn^{2+}(aq) + 4e^-$

نیم‌واکنش کاهش: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۲۶ **پاسخ تشریحی**

نکته ولتاژ یا emf باتری‌ها و سلول‌های گالوانی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

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

$$emf(\text{باتری سربی}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = ۱/۶۹ - (-۰/۳۵) = ۲/۰۴\,V$$

$$emf(\text{باتری دگمه‌ای}) = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = ۰/۸ - (-۰/۷۶) = ۱/۵۶\,V$$

اختلاف emf باتری سربی، با باتری «روی ـ نقره» برابر $۲/۰۴ - ۱/۵۶ = ۰/۴۸$ ولت است.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۲۷ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های «پ» و «ت» درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

الف) خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد، زیرا E° مربوط به نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط اسیدی بیشتر از E° نیم‌واکنش آن در محیط خنثی است؛ یعنی O_2 در محیط اسیدی اکسندهٔ قوی‌تری است و راحت‌تر الکترون می‌گیرد.

نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط خنثی: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$ $\quad E^\circ = +0/4\,V$

نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط اسیدی: $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$ $\quad E^\circ = +1/23\,V$

ب) زنگ آهن حاوی یون Fe^{3+} است، نه Fe^{2+}!

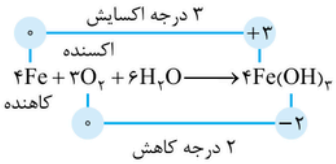
پ)

نکته برای تعیین شمار الکترون‌های مبادله‌شده در یک واکنش اکسایش کاهنده، می‌توانیم از فرمول زیر استفاده کنیم:

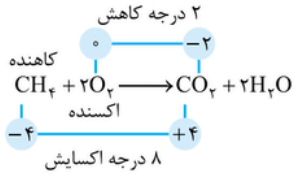
تغییر عدد اکسایش اکسنده × ضریب اکسنده × شمار اتم‌ها در اکسنده = شمار الکترون‌های مبادله‌شده بر اساس معادلهٔ موازنه شده

تغییر عدد اکسایش کاهنده × ضریب کاهنده × شمار اتم‌ها در کاهنده =

ببینیم:



$$\text{شمار الکترون‌های مبادله‌شده} = \underbrace{۳\times۲\times۲}_{\text{براساس اکسنده }(O_2)} = ۱۲ = \underbrace{۴\times۳}_{\text{براساس کاهنده }(Fe)}$$



$$\text{شمار الکترون‌های مبادله‌شده} = \underbrace{۲\times۲\times۲}_{\text{براساس اکسنده }(O_2)} = ۸ = \underbrace{۱\times۸}_{\text{براساس کاهنده }(C)}$$

$$\Rightarrow \frac{۱۲}{۸} = ۱/۵$$

ت) $4Fe(s) + 3O_2(g) + 6H_2O(l) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s) \Rightarrow$ مجموع ضرایب $= ۱۷$:واکنش کلی زنگ‌زدن آهن

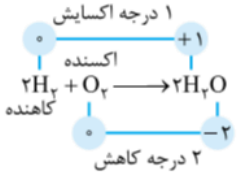
ث) سالانه حدود ۲۰ درصد (نه ۲ درصد) از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعه‌های خورده‌شده مصرف می‌شود.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

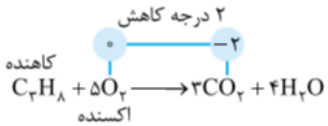
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۲۸ پاسخ تشریحی

گام اول: ابتدا واکنش کلی سلول سوختی «هیدروژن ـ اکسیژن» و «پروپان ـ اکسیژن» را نوشته و شمار الکترون‌های مبادله‌شده در هر واکنش را به دست می‌آوریم:



$$\text{شمار الکترون‌های مبادله‌شده} = \underbrace{۱\times۲\times۲}_{\text{براساس اکسنده}\,(O_2)} = \underbrace{۲\times۲\times۱}_{\text{براساس کاهنده}\,(H_2)} = ۴$$



$$\text{شمار الکترون‌های مبادله‌شده} = \underbrace{۵\times۲\times۲}_{\text{براساس اکسنده}\,(O_2)} = ۲۰$$

یا می‌توان گفت مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در C_3H_8 برابر -8 و در طرف دوم معادله برابر $3\times4=12$ است. $(12-(-8)=20)$

گام دوم: شمار الکترون‌های مبادله‌شده در اثر مصرف ۱۳/۲ گرم پروپان را به دست می‌آوریم:

$$۱۳/۲\,g\,C_3H_8 \times \frac{۱\,mol\,C_3H_8}{۴۴\,g\,C_3H_8} \times \frac{۲۰\,mole^-}{۱\,mol\,C_3H_8} = ۶\,mole^-$$

گام سوم: شمار الکترون‌های مبادله‌شده در سلول «هیدروژن ـ اکسیژن» با سلول «پروپان ـ اکسیژن» برابر است؛ بنابراین از مول الکترون به حجم گاز هیدروژن مصرف‌شده می‌رسیم:

$$۶\,mole^- \times \frac{۲\,mol\,H_2}{۴\,mole^-} \times \frac{۲۲/۴\,L\,H_2}{۱\,mol\,H_2} = ۶۷/۲\,L\,H_2$$

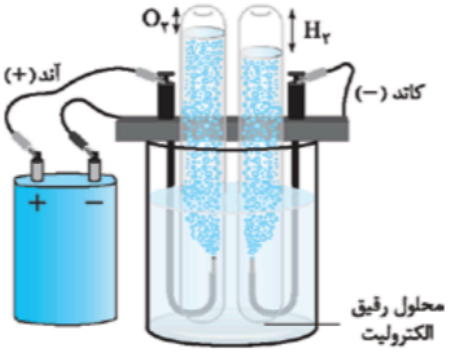
(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۲۹ موارد دوم و سوم درست‌اند.

پاسخ تشریحی

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: در برقکافت آب، گاز هیدروژن در کاتد (قطب منفی) و گاز اکسیژن در آند (قطب مثبت) تولید می‌شود. با توجه به ضرایب استوکیومتری در واکنش کلی، حجم گاز هیدروژن تولیدشده در کاتد، دو برابر حجم گاز اکسیژن تولیدشده در آند است؛ پس با توجه به شکل زیر، x، الکترود آند (قطب +) و y الکترود کاتد (قطب −) است.



$$2H_2O(l) \rightarrow \underbrace{2H_2(g)}_{\text{در کاتد }(-)\text{ ۲ مول}} + \underbrace{O_2(g)}_{\text{در آند }(+)\text{ ۱ مول}}$$

عبارت دوم: نیم‌واکنش اکسایش در فرایند برقکافت آب و نیم‌واکنش کاهش در سلول سوختی، معکوس یکدیگرند؛ یعنی:

نیم‌واکنش اکسایش در آند (قطب مثبت): $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$

نیم‌واکنش کاهش در سلول سوختی: $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$

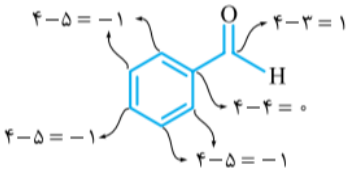
عبارت سوم: با توجه به نیم‌واکنش‌ها درست است.

عبارت چهارم: برقکافت آب فرایندی است که در آن، جریان برق از آب عبور داده می‌شود (انرژی الکتریکی مصرف می‌شود) و طی آن، آب به عنصرهای سازنده‌اش $(H_2$ و $O_2)$ تجزیه می‌شود.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۳۰ **پاسخ تشریحی** عدد اکسایش هر یک از اتم‌های کربن موجود در ساختار داده‌شده را محاسبه می‌کنیم:



همان‌طور که می‌بینید ۵ اتم کربن در آن، عدد اکسایش منفی دارند.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۳۱ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** معادلهٔ واکنش‌های انجام‌شده را می‌نویسیم:

برقکافت منیزیم کلرید مذاب: $MgCl_2(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$

برقکافت سدیم کلرید مذاب: $2NaCl(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$

گام دوم: از جرم منیزیم تولیدشده، به جرم منیزیم کلرید مصرف‌شده می‌رسیم:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Mg}} = \frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{MgCl_2}} \Rightarrow \frac{\overset{3}{\cancel{36}}}{1 \times \underset{2}{\cancel{24}}} = \frac{x}{1 \times 95} \Rightarrow x = 142/5\ g\ MgCl_2$$

حجم گاز Cl_2 تولیدشده از برقکافت $MgCl_2$ را نیز به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Mg}} = \frac{\text{حجم}}{\underbrace{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}}_{Cl_2}} \Rightarrow \frac{36}{1 \times 24} = \frac{x'}{1 \times 22/4} \Rightarrow x' = 33/6\ L\ Cl_2$$

گام سوم: از ۶۷/۲ لیتر گاز کلر به‌دست‌آمده، ۳۳/۶ لیتر مربوط به برقکافت منیزیم کلرید است؛ یعنی در اثر برقکافت سدیم کلرید مذاب نیز ۳۳/۶ لیتر گاز کلر به دست آمده است. از حجم Cl_2 به جرم NaCl می‌رسیم:

$$\frac{\text{حجم}}{\underbrace{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}}_{Cl_2}} = \frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{NaCl}} \Rightarrow \frac{\overset{3}{\cancel{33/6}}}{1 \times \underset{11/2}{\cancel{22/4}}} = \frac{x''}{\underset{1}{\cancel{2}} \times 58/5} \Rightarrow x'' = 175/5\ g\ NaCl$$

گام چهارم: جرم هر یک از نمک‌های سدیم کلرید و منیزیم کلرید را به دست آوردیم؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی } NaCl = \frac{\text{جرم } NaCl}{\text{جرم } NaCl + \text{جرم } MgCl_2} \times 100 = \frac{175/5}{175/5 + 142/5} \times 100 = \frac{175/5}{318} \times 100 \simeq \%55$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۳۲ **پاسخ تشریحی** ابتدا عدد اتمی و عدد جرمی دو عنصر A و B را تعیین می‌کنیم:

عنصر A در لایهٔ سوم خود یک الکترون دارد، یعنی آرایش الکترونی آن به $3s^1$ ختم می‌شود، پس همان $_{11}Na$ است:

$$_{11}Na: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$$

و چون تعداد نوترون آن یک واحد بیشتر از تعداد پروتون‌های آن است، عدد جرمی آن برابر $11+12=23$ خواهد بود.

عنصر B در لایهٔ سوم خود ۷ الکترون دارد، یعنی آرایش لایهٔ سوم آن به صورت $3s^2 3p^5$ است، پس همان $_{17}Cl$ می‌باشد:

$$_{17}Cl: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$$

و عدد جرمی آن برابر $17+18=35$ است.

بررسی گزینه‌ها:

۱) در اغلب عناصر اصلی (عناصر گروه‌های ۱ و ۲ و ۱۳ تا ۱۷) بالاترین عدد اکسایش با عدد یکان شمارهٔ گروه برابر است. کلر در گروه ۱۷ جدول تناوبی قرار دارد و بالاترین عدد اکسایش آن، ۷+ است.

۲) **گام اول:** ابتدا معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش بین A و B را می‌نویسیم:

$$2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$$

گام دوم: از روی جرم گونهٔ اکسنده (Cl_2)، جرم گونهٔ کاهنده (Na) را محاسبه می‌کنیم:

روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$10/5\,g\,Cl_2 \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{70\,g\,Cl_2} \times \frac{2\,mol\,Na}{1\,mol\,Cl_2} \times \frac{23\,g\,Na}{1\,mol\,Na} = 6/9\,g\,Na$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Na}} = \frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Cl_2}} \Rightarrow \frac{x}{2\times 23} = \frac{10/5}{1\times 70} \Rightarrow x = 6/9\,g\,Na$$

۳) نیم‌واکنش اکسایش: $Na \rightarrow Na^+ + e^-$

نیم‌واکنش کاهش: $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

۴) هر دو یون Na^+ و Cl^- به آرایش گاز نجیب می‌رسند:

$$_{11}Na^+: 1s^2 2s^2 2p^6 = {}_{10}Ne$$

$$_{17}Cl^-: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 = {}_{18}Ar$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۳۳ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها: ۱ آبکاری در سلول الکترولیتی انجام می‌شود و واکنش انجام‌شده در سلول‌های الکترولیتی در خلاف جهت طبیعی پیش می‌رود. هم‌چنین در همهٔ سلول‌ها، کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند مهاجرت می‌کنند.

۲ در آبکاری، جسم آبکاری‌شونده (کلید آهنی) به قطب منفی باتری (به عنوان کاتد) متصل می‌شود و الکترون‌ها از آند به سمت کاتد حرکت می‌کنند.

۳ فلز آبکاری‌کننده (تیغهٔ مسی) به عنوان آند، به قطب مثبت باتری متصل می‌شود و به دلیل اکسایش اتم‌های $Cu(s)$ و تبدیل آن‌ها به یون‌های مس ($Cu^{2+}(aq)$)، رفته‌رفته از جرم تیغهٔ مسی کاسته می‌شود.

۴ محلول c باید دارای کاتیون‌های مس باشد (مانند محلول مس (II) سولفات)، اما غلظت کاتیون‌های Cu^{2+} محلول تغییری نمی‌کند، زیرا هر مقدار که از این یون‌ها در آند تولید می‌شوند، به همان مقدار نیز در کاتد مصرف می‌شوند.

نیم‌واکنش آندی: $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاتدی: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۳۴ **پاسخ تشریحی** روش اول: **گام اول**: نیم‌واکنش اکسایش منیزیم را به صورت موازنه‌شده می‌نویسیم.

$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$

عدد اکسایش Mg، دو واحد تغییر می‌کند.

$0 \rightarrow +2$ (۲ درجه اکسایش)

گام دوم: تغییر عدد اکسایش اتم‌های Mn را در تبدیل MnO_4^- به منگنز (IV) اکسید حساب می‌کنیم.

$MnO_4^- \rightarrow MnO_2$

$+7 \rightarrow +4$ (۳ درجه کاهش)

عدد اکسایش Mn، ۳ واحد تغییر می‌کند.

گام سوم: با ضرب‌کردن نیم‌واکنش‌ها در عدد مناسب، تعداد الکترون‌های مبادله‌شده در دو فرایند را برابر می‌کنیم:

$$3 \times (Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-) \Rightarrow 3Mg \rightarrow 3Mg^{2+} + 6e^-$$

$$2 \times (MnO_4^- + 3e^- \rightarrow MnO_2) \Rightarrow 2MnO_4^- + 6e^- \rightarrow 2MnO_2$$

گام چهارم: با هم‌ارز قراردادن $3Mg$ با $2MnO_4^-$، جرم یون پرمنگنات را حساب می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Mg}} = \frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{MnO_4^-}} \Rightarrow \frac{9}{3 \times 24} = \frac{x}{2 \times 119} \Rightarrow x = 29/75\ g\ MnO_4^-$$

روش دوم: می‌توانستیم ابتدا تعداد مول الکترون تولیدشده در اثر اکسایش ۹ گرم منیزیم را حساب کنیم و سپس ببینیم این مقدار الکترون، چند گرم MnO_4^- را کاهش می‌دهد:

$$9\,g\,Mg \times \frac{1\,mol\,Mg}{24\,g\,Mg} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,Mg} = 0/75\,mol\,e^-$$

$$0/75\,mol\,e^- \times \frac{1\,mol\,MnO_4^-}{3\,mol\,e^-} \times \frac{119\,g\,MnO_4^-}{1\,mol\,MnO_4^-} = 29/75\,g\,MnO_4^-$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۳۵ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها:

۱) در سلول گالوانی آهن ـ نقره، نقره با قدرت کاهندگی کم‌تر، نقش کاتد را ایفا می‌کند. با جایگزینی نقره با SHE، ولتاژ یا نیروی الکتروموتوری سلول کاهش می‌یابد؛ زیرا در سری الکتروشیمیایی، فاصلهٔ Fe و SHE، کم‌تر از فاصلهٔ Fe و Ag است.

۲) با تغییر نیم‌سلول کاتدی با SHE، SHE نقش کاتد گرفته و آهن همچنان در نقش آند باقی می‌ماند؛ پس جهت حرکت الکترون‌ها در مدار خارجی و جهت حرکت یون‌ها در محلول الکترولیت تغییری نمی‌کند.

۳) قدرت کاهندگی آهن از نقره و H_2 بیشتر است و در هر دو سلول، در نقش آند می‌باشد.

۴) در نیم‌سلول نقره، به ازای مصرف یک مول الکترون، یک مول $Ag(s)$ تولید می‌شود، ولی در نیم‌سلول SHE به ازای مصرف یک مول الکترون، نیم مول H_2 تولید می‌شود.

$$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$$

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

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۳۶ **پاسخ تشریحی** پتاس سوزآور (KOH) باز قوی‌تری نسبت به آمونیاک (NH_3) است؛ بنابراین در غلظت مولی یکسان، غلظت یون هیدروکسید در محلول KOH، بیشتر از غلظت این یون در محلول NH_3 است؛ از طرفی در دمای یکسان، در همهٔ محلول‌ها حاصل $[H^+][OH^-]$ یکسان است؛ در نتیجه غلظت یون هیدرونیوم در محلول آمونیاک باید بیشتر باشد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) چون حجم محلول‌های سود و آمونیاک در صورت سؤال ذکر نشده، نمی‌توان در مورد شمار مول یون‌های هیدروکسید این دو محلول اظهار نظر کرد. امکان دارد حجم محلول آمونیاک به قدری زیاد باشد که شمار مول یون هیدروکسید تولیدشده در محلول آن از محلول سود سوزآور $(NaOH)$ بیشتر باشد.

۳) طبقه‌بندی الکترولیت‌ها براساس میزان انحلال‌پذیری آن‌ها در آب نیست؛ مثلاً متانول به هر نسبتی در آب حل می‌شود، اما غیرالکترولیت است. الکترولیت قوی به ماده‌ای گفته می‌شود که به هنگام حل‌شدن در آب، به طور کامل به یون‌های مثبت و منفی یونیده یا تفکیک شود.

۴) قدرت اسیدی HF کم‌تر از HCl و HBr است، پس در غلظت یکسان، HF به میزان کم‌تری یونیده می‌شود و pH محلول آن، بیشتر از pH محلول‌های HCl و HBr است.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۳۷ موارد «ب» و «پ» درست‌اند.

پاسخ تشریحی بررسی موارد:

الف) قدرت کاهندگی منیزیم از آلومینیم بیشتر است، پس دمای محلول حاصل از واکنش منیزیم با مس (II) سولفات بیشتر خواهد بود.

ب) در ظرف حاوی آلومینیم، به ازای هر مول آلومینیم، ۳ مول الکترون و در ظرف حاوی منیزیم، به ازای هر مول منیزیم، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود. برای راحتی جرم Al و Mg را ۱ گرم در نظر می‌گیریم:

$$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$$

$$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$$

$$\underbrace{\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Mg \text{ یا } Al}}}_{} = \underbrace{\frac{\text{مول}}{\underbrace{1 \times \text{ضریب}}_{e^-}}}_{} \rightarrow \begin{cases} \text{ظرف Al}: \frac{1}{1 \times 27} = \frac{x}{3 \times 1} \Rightarrow x = \frac{1}{9} \text{mole}^- \\ \text{ظرف Mg}: \frac{1}{1 \times 24} = \frac{x'}{2 \times 1} \Rightarrow x' = \frac{1}{12} \text{mole}^- \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{9} > \frac{1}{12}$$

پ) به کمک معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش‌ها، شمار مول‌های مس تولیدشده را به ازای جرم یکسان از آلومینیم و منیزیم (مثلاً ۱ گرم) حساب می‌کنیم:

$$2Al + 3CuSO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3Cu$$

$$Mg + CuSO_4 \rightarrow MgSO_4 + Cu$$

$$\underbrace{\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Mg \text{ یا } Al}}}_{} = \underbrace{\frac{\text{مول}}{\underbrace{1 \times \text{ضریب}}_{Cu}}}_{} \rightarrow \begin{cases} \text{ظرف Al}: \frac{1}{2 \times 27} = \frac{x}{3 \times 1} \Rightarrow x = \frac{1}{18} \text{molCu} \\ \text{ظرف Mg}: \frac{1}{1 \times 24} = \frac{x'}{1} \Rightarrow x' = \frac{1}{24} \text{molCu} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{18} > \frac{1}{24}$$

ت) با توجه به معادلهٔ اکسایش آلومینیم و منیزیم، شمار مول کاتیون‌های Al^{3+} و Mg^{2+} تولیدشده را به ازای جرم یکسان از Al و Mg (مثلاً ۱ گرم) حساب می‌کنیم:

$$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$$

$$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$$

$$\underbrace{\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Mg \text{ یا } Al}}}_{} = \underbrace{\frac{\text{مول}}{\underbrace{1 \times \text{ضریب}}_{Mg^{2+} \text{ یا } Al^{3+}}}}_{} \rightarrow \begin{cases} \text{ظرف Al}: \frac{1}{1 \times 27} = \frac{x}{1 \times 1} \Rightarrow x = \frac{1}{27} \text{molAl}^{3+} \\ \text{ظرف Mg}: \frac{1}{1 \times 24} = \frac{x'}{1 \times 1} \Rightarrow x' = \frac{1}{24} \text{molMg}^{2+} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{24} > \frac{1}{27}$$

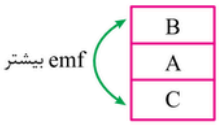
(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۳۸ عبارت‌های «الف» و «پ» درست‌اند.

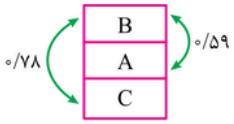
پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

الف) می‌دانیم در سری الکتروشیمیایی، هر چه نیم‌سلولی در مکان بالاتری قرار داشته باشد، گونهٔ سمت چپ آن اکسندهٔ قوی‌تری است؛ پس B^{2+} در سری الکتروشیمیایی بالاتر از A^{2+} و C^{2+} قرار دارد. از طرفی با توجه به جدول، emf سلول گالوانی حاصل از B و C بیشتر از emf سلول گالوانی حاصل از A و B است؛ بنابراین با فرض قسمت «الف»، ترتیب عنصرها در سری الکتروشیمیایی به صورت زیر است:

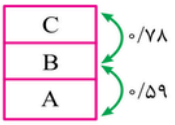


$\Rightarrow$ ترتیب E° : B > A > C

ب) از این‌که فلز B با محلول ASO_4 واکنش نمی‌دهد، نتیجه می‌گیریم که قدرت کاهندگی B از A کم‌تر بوده و B در سری الکتروشیمیایی بالاتر از A قرار دارد. با توجه به این اطلاعات نمی‌توان قدرت کاهندگی B و C را مقایسه کرد.

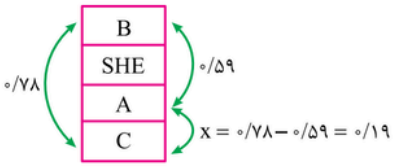


(حالت اول)

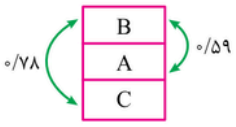


(حالت دوم)

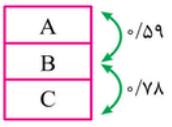
پ) فلزهای A و C با محلول هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند؛ بنابراین E° آن‌ها منفی است و در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از SHE قرار دارند. فلز B با محلول هیدروکلریک اسید واکنش نمی‌دهد و در سری الکتروشیمیایی، بالاتر از SHE قرار دارد؛ از طرفی با توجه به این‌که emf سلول حاصل از B و C بیشتر از B و A است، فاصلهٔ B و C در سری باید بیشتر از فاصلهٔ B و A باشد؛ پس ترتیب فلزها در سری به صورت مقابل است:



ت) با توجه به انجام واکنش بین فلز C با محلول A^{2+}، فلز C در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از A قرار دارد، اما با این اطلاعات نمی‌توان E° فلزهای A و B را با هم مقایسه کرد، زیرا چند حالت امکان‌پذیر است:



(حالت اول)



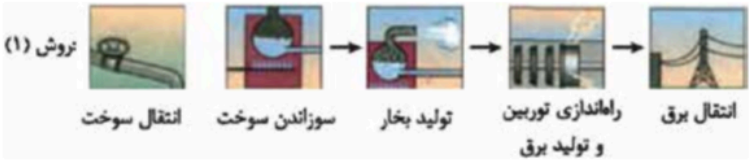
(حالت دوم)

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

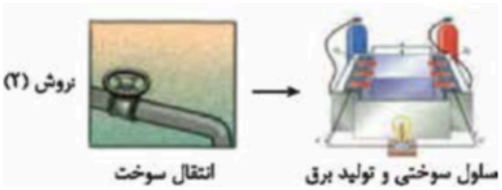
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۳۹ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها:

۱) روش (I) دارای ۵ مرحلهٔ زیر است و به دلیل زیادبودن تعداد مراحل آن، مقداری از انرژی شیمیایی در هر مرحله اتلاف می‌شود؛ هم‌چنین در مرحلهٔ سوزاندن سوخت و تولید بخار، اتلاف انرژی به صورت گرما زیاد است.



اما روش (II) فقط از ۲ مرحله تشکیل شده و اتلاف انرژی در آن به مراتب پایین‌تر است.



۲) نیم‌واکنش کاهش در سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن: $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$

نیم‌واکنش اکسایش در برقکافت آب: $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$

۳) سوزاندن گاز هیدروژن در موتورهای درون‌سوز، بازدهی حدود ۲۰٪ دارد، اما اگر این گاز به صورت کنترل‌شده در سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن اکسایش یابد، بازده آن تا ۳ برابر (حدود ۶۰٪) افزایش می‌یابد.

۴) سلول سوختی، نوعی سلول گالوانی است که در آن الکترون‌ها در مدار خارجی از آند به سوی کاتد حرکت می‌کنند؛ هم‌چنین پروتون‌ها (یون‌های H^+) نیز از طریق غشا از آند به سمت کاتد مهاجرت می‌کنند.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۴۰ عبارت‌های «الف» و «پ» درست‌اند.

پاسخ تشریحی الف) هنگامی که دو فلز در هوای مرطوب با هم در تماس باشند، برای اکسایش‌یافتن با یکدیگر رقابت می‌کنند. بدیهی است که فلز کاهنده‌تر در این رقابت برنده می‌شود. با توجه به شکل مشاهده می‌کنیم که فلز M اکسایش یافته و آهن محافظت شده است؛ پس قدرت کاهندگی M از Fe بیشتر بوده و پتانسیل کاهشی استاندارد آن از آهن، کوچک‌تر (منفی‌تر) است.

ب) عامل اکسنده در نیم‌واکنش کاهش، مولکول‌های O_2 هستند. مولکول‌های آب در نقش واکنش‌دهنده هستند، اما عدد اکسایش هیچ‌یک از اتم‌های آن تغییر نمی‌کند.

پ) نیم‌واکنش‌های موازنه‌شده را نوشته و با ضرب‌کردن نیم‌واکنش اکسایش در عدد ۲، تعداد الکترون‌های دو نیم‌واکنش را برابر می‌کنیم.

نیم‌واکنش اکسایش: $2 \times (M(s) \rightarrow M^{2+}(aq) + 2e^-)$

نیم‌واکنش کاهش: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

$$\underbrace{2M(s)}_{\text{۲ مول کاهنده}} + \underbrace{O_2(g)}_{\text{۱ مول اکسنده}} + 2H_2O(l) \rightarrow \underbrace{2M^{2+}(aq) + 4OH^-(aq)}_{2M(OH)_2(s)}$$

به ازای اکسایش هر مول فلز M، نیم مول گاز اکسیژن کاهش می‌یابد.

ت) قدرت کاهندگی فلزهای روی و آلومینیم از فلز آهن بیشتر است و از هر دو فلز می‌توان برای محافظت از خوردگی آهن استفاده کرد؛ اما با توجه به این‌که کاتیون فلز M به صورت M^{2+} و کاتیون فلز آلومینیم به صورت Al^{3+} است، فلز M نمی‌تواند آلومینیم باشد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۴۱ **پاسخ تشریحی** برای موازنهٔ نیم‌واکنش‌ها، ابتدا تعداد اتم‌های هر عنصر را در دو طرف معادله یکسان کرده و سپس با دادن ضریب مناسب به الکترون، نیم‌واکنش‌ها را از نظر بار موازنه می‌کنیم.

۱) نیم‌واکنش کاهش: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

۲) نیم‌واکنش اکسایش: $CH_4O + H_2O \rightarrow 6H^+ + CO_2 + 6e^-$

با ضرب‌کردن هر نیم‌واکنش در عدد مناسب، تعداد الکترون‌های دو نیم‌واکنش را برابر می‌کنیم (در این‌جا نیم‌واکنش اول را ضرب در ۳ و نیم‌واکنش دوم را ضرب در ۲ می‌کنیم)، سپس نیم‌واکنش‌های به‌دست‌آمده را با هم جمع کرده تا معادلهٔ کلی واکنش به دست آید.

$$۱)\ 3O_2 + 12H^+ + 12e^- \rightarrow 6H_2O \quad (\times 2)$$

$$۲)\ 2CH_4O + 2H_2O \rightarrow 12H^+ + 2CO_2 + 12e^-$$

$$2CH_4O + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 4H_2O$$

بررسی گزینه‌ها:

۱) در نیم‌واکنش موازنه‌شدهٔ اکسایش، نسبت ضریب الکترون به آب برابر ۶ است.

۲) سلول سوختی جزء سلول‌های گالوانی است: $emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = 1/23 - 0/016 = 1/214\ V$

۳) در معادلهٔ کلی موازنه‌شده، ۱۲ الکترون بین گونهٔ اکسنده و کاهنده مبادله می‌شود.

۴) در سلول سوختی هیدروژن، فراوردهٔ تولیدشده فقط آب است، اما در سلول متانول، گاز کربن دی‌اکسید نیز تولید می‌شود که آلایندهٔ هوا محسوب می‌شود.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۴۲ عبارت‌های دوم و سوم درست‌اند.

پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: در سلول‌های گالوانی و الکترولیتی، جهت حرکت الکترون‌ها از آند به سمت کاتد است، اما *هواستون باشه* که علامت آند و کاتد در سلول‌های گالوانی و الکترولیتی، *برعکسه!* بدین معنی که الکترون‌ها در سلول‌های گالوانی از قطب منفی به سمت قطب مثبت و در سلول‌های الکترولیتی از قطب مثبت به سمت قطب منفی حرکت می‌کنند.

عبارت دوم: باتری‌ها جزء سلول‌های گالوانی هستند و فرایند هال در یک سلول الکترولیتی با مصرف انرژی الکتریکی انجام می‌شود.

عبارت سوم: در سلول‌های گالوانی گونهٔ کاهنده در سطح آند الکترون از دست می‌دهد و این الکترون‌ها از طریق مدار خارجی به سمت کاتد حرکت می‌کنند و گونهٔ اکسنده در سطح کاتد، این الکترون‌ها را مصرف می‌کند.

عبارت چهارم: در سلول‌های الکترولیتی، گونهٔ کاهنده در آند (قطب مثبت) اکسایش می‌یابد و گونهٔ اکسنده در کاتد (قطب منفی) کاهش می‌یابد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۴۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست‌اند.

پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: در این سلول، نیم‌واکنش (I) E° کم‌تری دارد؛ بنابراین وارونهٔ آن در آند انجام می‌شود و نیم‌واکنش (II)، همان نیم‌واکنش کاتدی است:

نیم‌واکنش آندی: $Si(s) + ۲H_۲O(l) \rightarrow SiO_۲(s) + ۴H^+(aq) + ۴e^-$

نیم‌واکنش کاتدی: $۲H_۲O(l) + ۲e^- \rightarrow H_۲(g) + ۲OH^-(aq)$

$$۱mole^- \times \frac{۱mol\,H_۲}{۲mole^-} \times \frac{۲۲/۴\,L\,H_۲}{۱mol\,H_۲} = ۱۱/۲\,L\,H_۲$$

عبارت دوم: $Si(s)$ آند سلول را تشکیل می‌دهد و به دلیل تولید $H^+(aq)$ در آن، محلول اطراف آند اسیدی خواهد بود و کاغذ pH در تماس با آن به رنگ قرمز درمی‌آید.

عبارت سوم: به دلیل این‌که گاز هیدروژن یک سوخت پاک می‌باشد، اغلب پژوهشگران علی‌رغم پایین‌بودن emf، بازده و سرعت این سلول، آن را برای تهیهٔ گاز هیدروژن مناسب می‌دانند.

عبارت چهارم: نیم‌واکنش کاهش (II) را در ۲ ضرب می‌کنیم تا تعداد الکترون‌های مبادله‌شده در دو نیم‌واکنش برابر شود، سپس با نیم‌واکنش اکسایش جمع می‌کنیم تا معادلهٔ کلی سلول به دست آید.

نیم‌واکنش آندی: $Si(s) + ۲H_۲O(l) \rightarrow SiO_۲(s) + ۴H^+(aq) + ۴e^-$

نیم‌واکنش کاتدی (×۲): $۴H_۲O(l) + ۴e^- \rightarrow ۲H_۲(g) + ۴OH^-(aq)$

واکنش کلی: $Si(s) + ۲H_۲O(l) \rightarrow SiO_۲(s) + ۲H_۲(g)$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۴۴ پاسخ تشریحی

گام اول: واکنش داده‌شده را موازنه می‌کنیم.

$$۴HNO_۳(aq)+۶HCl(aq)+Sn(s)\rightarrow H_۲SnCl_۶(aq)+۴NO_۲(g)+۴H_۲O(l)$$

گام دوم: با توجه به حجم گاز تولیدشده، غلظت H^+ مصرف‌شده در واکنش را حساب می‌کنیم. چون هر دو اسید $HNO_۳$ و HCl، قوی و تک‌پروتون‌دار هستند، مجموع غلظت H^+ مصرف‌شده با مجموع غلظت دو اسید مصرف‌شده برابر است:

روش اول:

$$۱/۱۲\,L\,NO_۲\times\frac{۱mol\,NO_۲}{۲۲/۴\,L\,NO_۲}\times\frac{۱mol\,H^+}{۴mol\,NO_۲}=۰/۱۲۵\ mol\,H^+$$

$$[H^+]=\frac{۰/۱۲۵mol}{۰/۵L}=۰/۲۵\ mol.L^{-۱}$$

روش دوم:

$$\underbrace{\frac{\text{حجم}\times\text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}\times۱}}_{HNO_۳+HCl}=\underbrace{\frac{\text{حجم}}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}}_{NO_۲}\Rightarrow\frac{x\times۰/۵}{(۴+۶)\times۱}=\frac{۱/۱۲}{۴\times۲۲/۴}\Rightarrow x=۰/۲۵\ mol.L^{-۱}$$

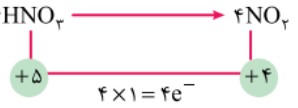
گام سوم: با توجه به $[H^+]$ اولیه و $[H^+]$ مصرف‌شده، $[H^+]$ نهایی را به دست آورده و pH نهایی محلول را حساب کنیم:

$$pH_{\text{اولیه}}=۰/۳\Rightarrow[H^+]_{\text{اولیه}}=۱۰^{-۰/۳}=۱۰^{-۱+۰/۷}=۱۰^{-۱}\times۱۰^{۰/۷}=۰/۵\,mol.L^{-۱}$$

$$[H^+]_{\text{نهایی}}=[H^+]_{\text{اولیه}}-[H^+]_{\text{مصرف‌شده}}=۰/۵-۰/۲۵=۰/۲۵\,mol.L^{-۱}$$

$$pH_{\text{نهایی}}=-\log[H^+]_{\text{نهایی}}=-\log۰/۲۵=-\log۲۵\times۱۰^{-۲}=۲-۲\log۵=۲-(۲\times۰/۷)=۰/۶$$

گام چهارم: برای قسمت دوم سؤال، با توجه به عدد اکسایش نیتروژن در $HNO_۳$ و $NO_۲$، می‌شه فهمید که ۴ الکترون در واکنش مبادله می‌شود:



$$\underbrace{\frac{\text{حجم}}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}}_{NO_۲}=\underbrace{\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}\times۱}}_{e^-}\Rightarrow\frac{۱/۱۲}{۴\times۲۲/۴}=\frac{x}{۴\times۱}\Rightarrow x=۰/۰۵\ mol\,e^-$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۴۵ عبارت‌های اول تا سوم درست‌اند.

پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: زنگ آهن $(Fe(OH)_3(s))$ یک رسوب قرمز ـ قهوه‌ای است که در فرایند خوردگی آهن در اطراف ناحیهٔ کاتدی تشکیل می‌شود.

عبارت دوم: مثبت‌تربودن پتانسیل کاهشی فلز طلا از پتانسیل کاهشی اکسیژن در محیط خنثی و حتی محیط اسیدی، باعث عدم واکنش این فلز با محلول اسیدی می‌شود.

عبارت سوم: پتانسیل کاهشی اکسیژن در محیط اسیدی نسبت به محیط خنثی بیشتر است؛ بنابراین با توجه به رابطهٔ: $emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند})$، emf سلول گالوانی تشکیل‌شده در محیط اسیدی بیشتر است.

عبارت چهارم: نیم‌واکنش‌های موازنه‌شدهٔ اکسایش (مرحلهٔ اول) و کاهش مربوط به خوردگی آهن به صورت زیر است:

$$\left.\begin{array}{l} \text{نیم‌واکنش اکسایش: } Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^- \\ \text{مجموع ضرایب} = 1+1+2 = 4 \\ \text{نیم‌واکنش کاهش: } O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq) \\ \text{مجموع ضرایب} = 1+2+4+4 = 11 \end{array}\right\} \Rightarrow 11-4 = 7$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۴۶ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** برای تبدیل $Mg^{2+}(aq)$ به رسوب $Mg(OH)_2$، محلول دارای یون هیدروکسید به آب دریا اضافه می‌شود:

$$Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow Mg(OH)_2(s)$$

گام دوم: روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$2\times10^6\,g\ \text{آب دریا} \times \frac{1350\,g\ Mg^{2+}}{10^6\,g\ \text{آب دریا}} \times \frac{1\,mol\ Mg^{2+}}{24\,g\ Mg^{2+}} \times \frac{1\,mol\ Mg(OH)_2}{1\,mol\ Mg^{2+}} \times \frac{58\,g\ Mg(OH)_2}{1\,mol\ Mg(OH)_2} \times \frac{1\,kg}{1000\,g} = 6/525\,kg\ Mg(OH)_2$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow \text{جرم حل‌شونده} = \text{جرم محلول} \times ppm \times 10^{-6}$$

$$\underbrace{\frac{\text{جرم محلول} \times ppm \times 10^{-6}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}}_{Mg^{2+}} = \underbrace{\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}}_{Mg(OH)_2} \Rightarrow \frac{2\times10^6 \times 1350}{1\times24\times10^6} = \frac{x\,g}{1\times58} \Rightarrow x = 6525\,g = 6/525\,kg\ Mg(OH)_2$$

گام سوم: نیم‌واکنش کاهش Mg^{2+} در کاتد سلول برقکافت $MgCl_2(l)$ به صورت زیر است:

$$Mg^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Mg(l)$$

روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$2\times10^6\,g\ \text{آب دریا} \times \frac{1350\,g\ Mg^{2+}}{10^6\,g\ \text{آب دریا}} \times \underbrace{\frac{80\,g\ Mg^{2+}}{100\,g\ Mg^{2+}}}_{\text{۸۰ درصد منیزیم مصرف می‌شود.}} \times \frac{1\,mol\ Mg^{2+}}{24\,g\ Mg^{2+}} \times \frac{2\,mol\ e^-}{1\,mol\ Mg^{2+}} = 180\,mole^-$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\underbrace{\frac{\text{جرم محلول} \times ppm \times 10^{-6} \times 80}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی} \times 100}}_{Mg^{2+}(aq)} = \underbrace{\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}}_{e^-} \Rightarrow \frac{2\times10^6 \times 1350 \times 80}{1\times24\times10^6\times100} = \frac{x}{2} \Rightarrow x = 180\,mol\ e^-$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۴۷ به‌جز عبارت چهارم، بقیهٔ عبارت‌ها درست‌اند.

پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: در سلول الکترولیتی برقکافت سدیم کلرید مذاب، کاتد به قطب منفی باتری و آند به قطب مثبت باتری متصل می‌شود. در آند این سلول، یون‌های کلرید با از دست دادن الکترون به گاز کلر تبدیل می‌شوند و در کاتد آن، یون‌های سدیم با گرفتن الکترون به فلز سدیم تبدیل می‌شوند.

نیم‌واکنش کاهش: $Na^+(l) + e^- \rightarrow Na(l) \xrightarrow{\times 2} 2Na^+(l) + 2e^- \rightarrow 2Na(l)$

نیم‌واکنش اکسایش: $2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^- \Rightarrow 2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

معادلهٔ کلی موازنه‌شده: $2NaCl(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$

حباب‌های گاز در اطراف الکترود b، نشان‌دهندهٔ گاز کلر هستند که در آند (قطب مثبت) تولید شده‌اند.

عبارت دوم: سدیم کلرید خالص در $801^\circ C$ ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود $587^\circ C$ پایین می‌آورد (نقطهٔ ذوب به اندازهٔ $801 - 587 = 214^\circ C$ کم‌تر می‌شود) که این امر باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود.

عبارت سوم: همواره شعاع اتم خنثی (Na) از شعاع کاتیون آن (Na^+) بزرگ‌تر است.

عبارت چهارم: مواد شرکت‌کننده در واکنش کلی، تنها دو حالت فیزیکی گازی (g) و مذاب (l) دارند.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۴۸ فقط عبارت چهارم درست است.

پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: در این واکنش عدد اکسایش اتم‌های یُد از صفر به $+5$ افزایش می‌یابد، پس گونهٔ کاهنده در واکنش، I_2 است، نه ClO_3^-!!!

$I_2 \rightarrow$ عنصر آزاد $\rightarrow$ عدد اکسایش $=$ صفر

$IO_3^- \rightarrow x + 3(-2) = -1 \Rightarrow x = +5$

عبارت دوم: معادلهٔ واکنش را موازنه می‌کنیم.

در واکنش مورد نظر عدد اکسایش ید از 0 به $+5$ رسیده است. چون در سمت چپ، ۲ اتم ید داریم، تغییر عدد اکسایش آن را در ۲ ضرب می‌کنیم:

$2 \times 5 = 10$

عدد اکسایش کلر از $+5$ به -1 رسیده یعنی ۶ واحد تغییر کرده است. اعداد ۱۰ و ۶ به ۲ ساده می‌شوند؛ پس در مرحلهٔ اول باید ضریب ClO_3^- را برابر ۵ و ضریب I_2 را برابر ۳ قرار دهیم. با مشخص‌شدن ضریب این دو گونه، ضرایب بقیهٔ مواد نیز مشخص خواهد شد:

$$3I_2 + 5ClO_3^- + 3H_2O \rightarrow 6IO_3^- + 6H^+ + 5Cl^-$$

$$6 \times 0 = 0 \xrightarrow{\text{۳۰ درجه اکسایش}} 6 \times (+5) = 30$$

$$3/612 \times 10^{23} e^- \times \frac{1 mol\ e^-}{6/02 \times 10^{23} e^-} \times \frac{5 mol\ Cl^-}{30 mol\ e^-} = 0/1 mol\ Cl^-$$

عبارت سوم: در این واکنش H^+ تولید می‌شود و pH محیط کاهش می‌یابد.

عبارت چهارم: مجموع ضرایب استوکیومتری کل مواد شرکت‌کننده در واکنش برابر ۲۸ است.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۴۹ **پاسخ تشریحی** در سلول هال، گرافیت کاتد در واکنش شرکت نمی‌کند، اما در این فرایند، گاز اکسیژن تولیدشده در اطراف آند، با گرافیت واکنش می‌دهد و گاز CO_2 تولید شده و از جرم گرافیت آند کاسته می‌شود.

$$2Al_2O_3(s) + 3C(s) \rightarrow 4Al(l) + 3CO_2(g)$$

روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$3/6\,g\,C \times \frac{1\,mol\,C}{12\,g\,C} \times \frac{4\,mol\,Al}{3\,mol\,C} \times \frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al} = 10/8\,g\,Al$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{C}} = \frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Al}} \Rightarrow \frac{3/6}{3 \times 12} = \frac{x}{4 \times 27} \Rightarrow x = 10/8\,g\,Al$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۵۰ **پاسخ تشریحی** همهٔ عبارت‌های داده‌شده درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

- در سلول‌های گالوانی، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است؛ پس در هر دو سلول داده‌شده، فلز مس نقش کاتد را دارد.

از اون‌جایی که ولتاژ سلول (۱) بیشتر از سلول (۲) است، می‌توان فهمید که X کاهنده‌تر از Y است، *اما برای این‌که بدونیم*، X و Y چه فلزهایی هستند، باید E° آن‌ها را حساب می‌کنیم:

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

سلول (۱): $2 = 0/34 - E^\circ(X) \Rightarrow E^\circ(X) = -1/66\,V \Rightarrow$ X همان فلز آلومینیم (Al) است.

سلول (۲): $1/1 = 0/34 - E^\circ(Y) \Rightarrow E^\circ(Y) = -0/76\,V \Rightarrow$ Y همان فلز روی (Zn) است.

فلز آلومینیم ($_{13}Al$) جزء فلزهای اصلی دستهٔ p و فلز روی ($_{30}Zn$)، جزء فلزهای واسطهٔ دستهٔ d است.

- فهمیدیم که آند سلول (۱)، آلومینیم و آند سلول (۲)، روی است.

$$\begin{matrix}\text{نیم‌واکنش آندی سلول (۱)}: Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^- \\ \text{نیم‌واکنش آندی سلول (۲)}: Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-\end{matrix} \xrightarrow[\text{الکترون‌ها}]{\text{برابرکردن شمار}} \begin{cases}2Al \rightarrow 2Al^{3+} + 6e^- \\ 3Zn \rightarrow 3Zn^{2+} + 6e^-\end{cases}$$

به ازای مبادلهٔ ۶ مول الکترون، ۲ مول Al و ۳ مول Zn مصرف می‌شود. با توجه به این‌که $_{13}Al$ در دورهٔ سوم و $_{30}Zn$ در دورهٔ چهارم قرار دارد، *می‌شه* فهمید که جرم ۳ مول Zn قطعاً بیشتر از جرم ۲ مول Al است.

- X و Y به ترتیب آلومینیم و روی هستند؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = E^\circ(Zn^{2+}/Zn) - E^\circ(Al^{3+}/Al) = -0/76 - (-1/66) = 0/9\,V$$

- معادله‌های واکنش‌های انجام‌شده در دو سلول به صورت زیر است:

سلول (۱): $2Al + 3Cu^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Cu$ مجموع ضرایب $= 10$

سلول (۲): $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$ مجموع ضرایب $= 4$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۵۱ **پاسخ تشریحی** موارد دوم و چهارم درست‌اند.

مورد اول: معادلهٔ واکنش را نوشته و بررسی می‌کنیم:

$$Zn(s)+CuSO_4(aq) \rightarrow Cu(s)+ZnSO_4(aq)$$

← یون SO_4^{2-} در این واکنش یون ناظر یا تماشاگر است که غلظت آن تغییری نخواهد کرد.

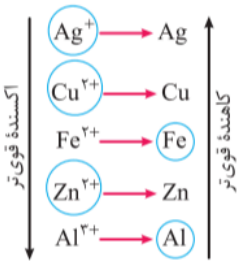
← یون Cu^{2+} در طی واکنش از حالت محلول (aq) خارج شده و به شکل رسوب جامد $Cu(s)$ درمی‌آید؛ بنابراین غلظت یون Cu^{2+} کاهش یافته و از شدت رنگ آبی محلول کاسته می‌شود.

مورد دوم: در گذشته از نور سفید خیره‌کنندهٔ سوختن منیزیم برای عکاسی استفاده می‌شد. معادلهٔ واکنش به صورت زیر است:

$$2Mg(s)+O_2(g) \rightarrow \underbrace{2Mg^{2+}(s)+2O^{2-}(s)}_{MgO(s)}$$

مطابق واکنش بالا، فلز منیزیم اکسایش یافته (کاهنده) و به یون Mg^{2+} تبدیل شده است و اتم اکسیژن کاهش یافته و به یون O^{2-} تبدیل شده است.

مورد سوم: برای بررسی این گزینه باید ترتیب گونه‌ها در جدول پتانسیل کاهشی استاندارد را بلد باشیم:

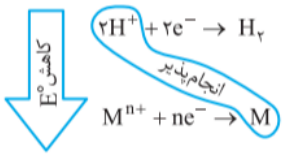


احتمال انجام پنج واکنش زیر وجود دارد.

۱) Ag^+ و Fe ۲) Cu^{2+} و Fe ۳) Ag^+ و Al ۴) Cu^{2+} و Al ۵) Zn^{2+} و Al

مورد چهارم: وقتی pH نیم‌سلول SHE افزایش می‌یابد یعنی غلظت یون H^+ کاهش یافته است.

پس فلز M باید کاهنده‌تر باشد تا با کاهش‌دادن H^+ و تبدیل آن به H_2، باعث افزایش pH شود؛ بنابراین E° نیم‌سلول M باید عددی منفی باشد.



$$\Rightarrow 2M+2nH^+ \rightarrow 2M^{n+}+nH_2$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۵۲ **پاسخ تشریحی** نیم‌واکنش آندی، کاتدی و واکنش کلی سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن به صورت زیر است:

نیم‌واکنش آندی: $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq)+2e^- \quad E^\circ = 0/00V$

نیم‌واکنش کاتدی: $O_2(g)+4H^+(aq)+4e^- \rightarrow 2H_2O(g) \quad E^\circ = +1/23\ V$

$$2H_2(g)+O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) \qquad E^\circ_{سلول} = E^\circ_{کاتد} - E^\circ_{آند} = 1/23 - 0 = 1/23\ V$$

ولتاژ نظری سلول شد $1/23\ V$! اما در صورت سؤال آمده است که ولتاژ سلول ۰/۸۲ ولت است (ولتاژ عملی)؛ بنابراین باید بازدهٔ سلول را حساب کنیم:

$$\text{بازده سلول} = \frac{\text{ولتاژ عملی}}{\text{ولتاژ نظری}} \times 100 = \frac{0/82}{1/23} = \frac{2}{3} \times 100$$

حالا باید ببینیم به ازای مصرف ۴۰ گرم O_2، چند گرم H_2O با بازده $\frac{200}{3}$ تولید می‌شود:

$$40\,g\,O_2 \times \frac{1\,mol\,O_2}{32\,g\,O_2} \times \frac{2\,mol\,H_2O}{1\,mol\,O_2} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} \times \underbrace{\frac{\frac{200}{3}\,g\ \text{عملی}}{100\,g\ \text{نظری}}}_{\text{بازده واکنش}} = 30\,g\,H_2O$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

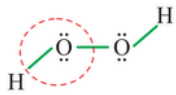
۲۵۳ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: با رسم ساختار لوویس بررسی می‌کنیم:



$۶-۴=+۲$



$۶-۷=-۱$

تفاوت ۱− و ۲+ ← ۳ واحد است.

عبارت دوم:

ایزومر یکدیگرند و مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در آن‌ها با هم برابر است.

$$\left.\begin{array}{l}\text{اتیل استات} = C_۴H_۸O_۲\\ \text{بوتانوئیک اسید} = C_۴H_۸O_۲\end{array}\right\} \Rightarrow$$

عبارت سوم: در فرایند سوختن کامل متان، گاز $CO_۲$ تولید می‌شود:

$$CH_۴ \rightarrow CO_۲$$

$$CH_۴ \rightarrow C+۴=۰ \Rightarrow C=-۴$$

$$CO_۲ \rightarrow C+(-۴)=۰ \Rightarrow C=+۴$$

عدد اکسایش کربن در متان، از کم‌ترین مقدار خود ۴− به بیشترین مقدار خود، ۴+ می‌رسد.

عبارت چهارم:

طبق رمز [بساز]، رنگ یون‌های وانادیم به صورت زیر است:

محلول	$V^{۵+}$	$V^{۴+}$	$V^{۳+}$	$V^{۲+}$
رنگ	زرد	آبی	سبز	بنفش

با توجه به بار کاتیون سازندهٔ نمک (آمونیوم: $NH_۴^+$)، بار آنیون سازندهٔ ترکیب $NH_۴VO_۳$ باید برابر (۱−) باشد:

$$VO_۳^- : V+۳(-۲)=-۱ \Rightarrow V=+۵ \Rightarrow \text{زرد}$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۵۴ **پاسخ تشریحی** ابتدا نیم‌واکنش‌ها را موازنه می‌کنیم:

$$a)\ ۲IO_۳^- + ۱۲H^+ + ۱۰e^- \rightarrow ۱I_۲ + ۶H_۲O$$

برای موازنهٔ نیم‌واکنش a می‌توان از همان روش مرسوم موازنه (روش وارسی!) استفاده کرد و براساس اتم ید، در دو طرف ضریب‌گذاری کرد و در انتها به سراغ موازنهٔ بار رفت.

$$b)\ ۲Cr^{۳+} + ۷H_۲O \rightarrow ۱Cr_۲O_۷^{۲-} + ۱۴H^+ + ۶e^-$$

بررسی گزینه‌ها:

۱) در نیم‌واکنش a، H^+ مصرف شده و pH محیط افزایش می‌یابد. هم‌چنین e^- مصرف شده، پس نوعی نیم‌واکنش کاهش است.

۲) مجموع ضرایب همهٔ گونه‌های شرکت‌کننده در نیم‌واکنش a، ۳۱ است.

۳) تفاوت ضرایب الکترون برابر $۴=۶-۱۰$ است و ضریب $Cr^{۳+}$ در نیم‌واکنش‌ها برابر ۲ است.

۴) در نیم‌واکنش b، e^- تولید شده است؛ بنابراین این نیم‌واکنش از نوع اکسایش است. هم‌چنین عدد اکسایش هر اتم کروم از ۳+ به ۶+ تبدیل شده است.

$$Cr_۲O_۷^{۲-} : ۲Cr-۱۴=-۲ \Rightarrow Cr=+۶$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۵۵ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های اول، سوم و پنجم درست‌اند.

سلول (I) یک سلول الکترولیتی و سلول (II)، یک سلول گالوانی است.

	سلول گالوانی	سلول الکترولیتی
تفاوت‌ها	آند، قطب منفی و کاتد، قطب مثبت است.	آند، قطب مثبت و کاتد، قطب منفی است.
	معمولاً الکترودهای آند و کاتد در واکنش شرکت می‌کنند.	معمولاً الکترودهای آند و کاتد بی‌اثرند و در واکنش شرکت نمی‌کنند.
شباهت‌ها	اکسایش در آند و در کاهش در کاتد انجام می‌شود.	
	جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است.	
	کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند مهاجرت می‌کنند.	

بررسی عبارت‌ها:

- در سلول‌های الکترولیتی با اعمال یک ولتاژ بیرونی، می‌توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی پیش برد.
- در سلول‌های الکترولیتی، قطب منفی کاتد است و در سلول‌های گالوانی، آند قطب منفی است.
- در سلول‌های الکترولیتی همانند سلول گالوانی، نیم‌واکنش کاهش در کاتد و نیم‌واکنش اکسایش در آند انجام می‌شود.
- در هر دو سلول گالوانی و الکترولیتی، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به سمت کاتد است، اما قطب مثبت و منفی در این دو سلول با هم فرق می‌کند؛ پس باید گفت در سلول گالوانی، جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از قطب منفی به مثبت و در سلول الکترولیتی، از قطب مثبت به منفی است.
- در سلول‌های الکترولیتی، یون‌های موجود در الکترولیت به سوی الکترودهای با بار ناهمنام و در سلول‌های گالوانی یون‌های موجود در الکترولیت به سوی الکترودهای با بار همنام حرکت می‌کنند. (همواره کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند!)

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۵۶ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** نیم‌واکنش‌ها را نوشته و موازنه می‌کنیم:

$$\left.\begin{array}{l} \text{آند}: 2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^- \\ \text{کاتد}: 2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \end{array}\right\} \Rightarrow \text{واکنش کلی}: 2H_2O + 2Cl^- \rightarrow Cl_2 + H_2 + 2OH^-$$

گام دوم: با توجه به ضرایب استوکیومتری واکنش کلی و شمار الکترون‌های عبوری، مقدار گاز تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

به ازای ۲ مول الکترون، ۱ مول Cl_2 به جرم ۷۱ گرم و ۱ مول H_2 به جرم ۲ گرم تولید می‌شود، یعنی به ازای ۲ مول الکترون در مجموع $71 + 2 = 73$ گرم گاز تولید می‌شود؛ بنابراین مجموع جرم گازهای تولیدشده به ازای ۱ مول الکترون، برابر با $\frac{73}{2} = 36/5$ گرم خواهد بود.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۵۷ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** معادلهٔ واکنش کلی فرایند هال را می‌نویسیم:

$$2Al_2O_3(s)+3C(s) \rightarrow 4Al(l)+3CO_2(g)$$

گام دوم: به کمک جرم گاز CO_2، درصد جرمی آلومینیم در سنگ معدن را حساب می‌کنیم:

روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$11\,g\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2} \times \frac{4\,mol\,Al}{3\,mol\,CO_2} \times \frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al} = 9\,g\,Al$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Al}} = \frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{CO_2}} \Rightarrow \frac{x}{4\times 27} = \frac{11}{3\times 44} \Rightarrow x = 9\,gAl$$

$$\text{درصد جرمی } Al = \frac{\text{جرم } Al}{\text{جرم سنگ معدن}} \times 100 = \frac{9}{45} \times 100 = \%20$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۵۸ **پاسخ تشریحی** با توجه به این‌که غلظت الکترولیت با گذشت زمان کاهش یافته است، آند نمی‌تواند از جنس فلز پوشاننده (در این‌جا مس) باشد؛ بنابراین، می‌تواند یک الکترود بی‌اثر مانند گرافیت یا پلاتین باشد. درضمن در آبکاری، جسمی که می‌خواهد آبکاری شود به عنوان کاتد قرار می‌گیرد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲) جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد و جهت حرکت یون‌های Cu^{2+} نیز به سمت کاتد است.

۳) قطب منفی سلول‌های الکترولیتی مانند آبکاری، همان کاتد است. در کاتد نیم‌واکنش $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ انجام شده و مس تولیدشده روی کلید می‌نشیند.

۴) پتانسیل کاهشی فلز Cu می‌تواند منفی‌تر یا مثبت‌تر از پتانسیل کاهشی فلز B باشد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۵۹ **پاسخ تشریحی** با توجه به این‌که جرم قطعهٔ فولادی در این دو سلول برابر است، ابتدا با فرض این‌که شمار مول‌های الکترون مبادله‌شده در هر دو سلول برابر x می‌باشد، تغییرات جرم هر دو قطعه را جداگانه محاسبه می‌کنیم:

جرم نقرهٔ اضافه‌شده به قطعهٔ فولادی در محلول نقرهٔ نیترات:

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

$$x\,mole^- \times \frac{1\,molAg}{1\,mole^-} \times \frac{108\,gAg}{1\,molAg} = 108x\,gAg$$

جرم نیکل اضافه‌شده به قطعهٔ فولادی در محلول نیکل (II) سولفات:

$$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$$

$$x\,mole^- \times \frac{1\,molNi}{2\,mole^-} \times \frac{58\,gNi}{1\,molNi} = 29x\,gNi$$

اختلاف جرم دو تیغه و در نتیجه شمار مول‌های الکترون مبادله‌شده برابر است با:

$$108x - 29x = 39/5 \Rightarrow 79x = 39/5 \Rightarrow x = 0/5\,mole^-$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶۰ ابتدا واکنش کلی سلول و نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی تشکیل‌دهندهٔ آن را می‌نویسیم:

نیم‌واکنش آندی : $Al(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^-$

نیم‌واکنش کاتدی : $Fe^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Fe(s)$

واکنش کلی سلول : $3Fe^{2+}(aq) + 2Al(s) \longrightarrow 3Fe(s) + 2Al^{3+}(aq)$

در این واکنش شیمیایی، به ازای مبادله ۶ مول الکترون بین گونه اکسنده(یون Fe^{2+}) و کاهنده(فلز Al)، مقدار ۲ مول یون آلومینیم تولید شده و ۳ مول یون آهن مصرف می‌شود. ابتدا شمار مول الکترون مبادله‌شده را حساب می‌کنیم:

$$\text{شمار مول الکترون مبادله‌شده} = 3/612 \times 10^{23}\ e^- \times \frac{1\ mol\ e^-}{6/02 \times 10^{23} e^-} = 0/6\ mol$$

بنابراین مقدار یون Al^{3+} تولیدشده در نیم‌سلول آندی و مقدار یون Fe^{2+} مصرف‌شده در نیم سلول کاتدی برابر است با:

$$?\,mol\ Al^{3+} = 0/6\ \text{mol}\ e^- \times \frac{2\ mol\ Al^{3+}}{6\ mol\ e^-} = 0/2\ mol$$

$$?\,mol\ Fe^{2+} = 0/6\ \text{mol}\ e^- \times \frac{3\ mol\ Fe^{2+}}{6\ mol\ e^-} = 0/3\ mol$$

در ابتدای فرایند، غلظت محلول موجود در نیم‌سلول کاتدی و آندی برابر با ۱ مولار است و همچنین می‌دانیم حجم هر محلول نیز برابر با ۲ لیتر است، در نتیجه مقدار مول اولیه یون آلومینیم و آهن در هر یک از این محلول‌ها برابر با ۲ مول بوده است. با توجه به اینکه در ابتدا ۲ مول یون Al^{3+} و Fe^{2+} در محلول وجود داشته و ۰/۲ مول یون Al^{3+} دیگر تولید شده، بنابراین مقدار مول یون آلومینیم در پایان این فرایند برابر با ۲/۲ مول است. همچنین مقدار ۰/۳ مول یون Fe^{2+} از محلول موجود در نیم‌سلول کاتدی مصرف شده و مقدار مول یون آهن در پایان این فرایند به ۱/۷ مول می‌رسد. اکنون غلظت مولی این دو کاتیون در محلول‌های آندی و کاتدی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول}}{\text{حجم}(L)} \Longrightarrow \begin{cases} M(Al^{3+}) = \frac{2/2}{2} = 1/1\ mol.L^{-1} \\ M(Fe^{2+}) = \frac{1/7}{2} = 0/85\ mol.L^{-1} \end{cases}$$

با توجه به محاسبات بالا، نتیجه می‌گیریم که تفاوت غلظت کاتیون در دو محلول در پایان این فرایند برابر با ۰/۲۵ مول بر لیتر خواهد شد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶۱ عبارت‌های (ب) و (ث) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در همه واکنش‌های اکسایش-کاهش، بین گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش الکترون مبادله می‌شود، اما توجه داریم که در همه این واکنش‌های شیمیایی الزاما انرژی آزاد نمی‌شود. برای مثال، در برخی از واکنش‌های اکسایش-کاهش از جمله واکنش مربوط به برقکافت ترکیب‌های مختلف، انرژی مصرف شده و فراورده‌هایی با سطح انرژی بالاتر و پایداری کمتر تولید می‌شوند. بر این اساس، می‌توان واکنش‌های اکسایش-کاهش را با توجه به مدل مبادله گرما در آن‌ها در دو دسته زیر قرار داد:



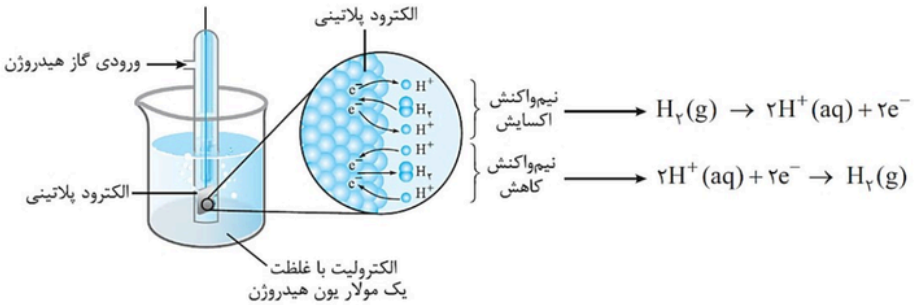
ب: اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول به طور جداگانه ممکن نبوده و باید این کمیت به طور نسبی اندازه‌گیری شود. شیمی‌دان‌ها برای دستیابی به این هدف، نیم‌سلول استاندارد هیدروژن(SHE) را به عنوان مبنا انتخاب کرده و پتانسیل آن را به طور قراردادی برابر با صفر ولت در نظر گرفتند. در این نیم‌سلول، محلولی با $pH = ۰$(محلولی که غلظت مولی یون هیدروژن در آن برابر با ۱ مول بر لیتر است) قرار داشته و گاز هیدروژن با فشار ۱ اتمسفر بر روی این محلول دمیده می‌شود. شیمی‌دان‌ها با تشکیل سلول گالوانی از هر نیم‌سلول با نیم‌سلول استاندارد هیدروژن، توانستند پتانسیل الکتریکی بسیاری از نیم‌سلول‌ها را اندازه‌گیری کرده و در جدولی به نام سری الکتروشیمیایی ثبت کنند.

پ: در نیم‌واکنش کاهش، الکترون در سمت چپ(واکنش‌دهنده‌ها) و در نیم‌واکنش اکسایش، الکترون در سمت راست(فراورده‌ها) قرار دارد. در واکنش‌های اکسایش-کاهش، ماده‌ای که با گرفتن الکترون کاهش پیدا کرده و سبب اکسایش گونه دیگر می‌شود، اکسنده نام دارد. در این واکنش‌ها، ماده‌ای که با از دست دادن الکترون اکسایش پیدا کرده و سبب کاهش گونه دیگر می‌شود، کاهنده نام دارد. فلز آهن دارای ۸ الکترون با $l = ۰$(الکترون‌های موجود در زیرلایه s) بوده و فلز مس نیز دارای ۷ الکترون با $l = ۰$ است. از طرفی، می‌دانیم که پتانسیل کاهشی استاندارد فلز مس بیشتر از آهن است و به همین خاطر، قدرت کاهندگی(تمایل به از دست دادن الکترون و اکسید شدن) مس کمتر از آهن خواهد بود. تصویر زیر، نمایی از جدول پتانسیل کاهشی و برخی از عناصر مهم موجود در آن را نشان می‌دهد:

نیم‌واکنش کاهش			E° (V)
گونهٔ اکسنده	الکترون	گونهٔ کاهنده	ولتاژ
$Au^{۳+}(aq)$	$+۳e^- \rightarrow$	$Au(s)$	+۱/۵۰
$Pt^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Pt(s)$	+۱/۲۰
$Ag^+(aq)$	$+e^- \rightarrow$	$Ag(s)$	+۰/۸۰
$Cu^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Cu(s)$	+۰/۳۴
$۲H^+(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$H_۲(g)$	۰/۰۰
$Fe^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Fe(s)$	−۰/۴۴
$Zn^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Zn(s)$	−۰/۷۶
$Mn^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Mn(s)$	−۱/۱۸
$Al^{۳+}(aq)$	$+۳e^- \rightarrow$	$Al(s)$	−۱/۶۶
$Mg^{۲+}(aq)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Mg(s)$	−۲/۳۷

اکسندهٔ قوی‌تر ↑ — ↓ کاهندهٔ قوی‌تر

ت: تصویر زیر نمایی از نیم‌سلول استاندارد هیدروژن را نشان می‌دهد:



اگر روی کاهنده‌تر از هیدروژن باشد، پتانسیل کاهشی این عنصر کمتر از پتانسیل کاهشی هیدروژن می‌شود. در یک سلول گالوانی نیز الکترودی که پتانسیل کاهشی کمتری داشته باشد، در نقش آند(قطب منفی) قرار می‌گیرد.

ث: در هر دو مورد واکنش مقابل انجام می‌شود:

$$Zn(s) + Cu^{۲+}(aq) \rightarrow Zn^{۲+}(aq) + Cu(s)$$

توجه داریم که واکنش در سلول گالوانی در شرایط کاملاً کنترل شده صورت می‌گیرد و الکترون‌های تولید شده از طریق مدار بیرونی جابه‌جا می‌شوند و ما می‌توانیم از این جریان الکتریکی ایجاد شده به عنوان منبع تولید الکتریسیته استفاده کنیم.

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۶۲ نیروی الکتروموتوری(emf) در یک سلول گالوانی، حداکثر اختلاف پتانسیلی است که یک سلول می‌تواند به وجود بیاورد. اگر کاتد دو سلول گالوانی یکسان باشد، سلولی که E° آند آن کوچک‌تر(منفی‌تر) است، نیروی الکتروموتوری بیشتری نیز خواهد داشت. چون آهن در مقایسه با هیدروژن پتانسیل کاهشی کوچک‌تری دارد، پس می‌توان گفت نیروی الکتروموتوری سلول گالوانی آهن-نقره، بیشتر از نیروی الکتروموتوری سلول گالوانی هیدروژن-نقره است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) اگر قدرت کاهندگی(تمایل به از دست دادن الکترون و اکسید شدن) Al بیشتر از Sn باشد، پس از ورود تیغه‌ی Sn به محلول آلومینیم سولفات، واکنشی انجام نشده و دمای محلول ثابت می‌ماند.

۲) روی و آهن، از جمله فلزهایی هستند که با محلول حاوی کاتیون مس(II) واکنش می‌دهند. چون روی در مقایسه با آهن کاهنده‌تر بوده و تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون(اکسید شدن) دارد، در شرایط یکسان یک تیغه روی، در مقایسه با یک تیغه آهنی، دمای محلول مس(II) سولفات را به مقدار بیشتری افزایش می‌دهد.

برای مقایسه تمایل فلزهای مختلف به از دست دادن الکترون، می‌توانیم از واکنش این عناصر با یک محلول خاص در شرایط یکسان استفاده کنیم. هر فلزی که با محلول موردنظر با شدت بیشتری واکنش داده و دمای محلول را به مقدار بیشتری افزایش دهد، تمایل بیشتری به از دست دادن الکترون خواهد داشت. به عنوان مثال، اگر تیغه‌های مجزایی از عناصر روی و منیزیم را وارد محلول‌های یکسانی از مس(II) سولفات با دمای ۲۰°C کنیم، دمای محلولی که تیغه منیزیم به آن وارد شده است، به مقدار بیشتری افزایش پیدا می‌کند؛ پس می‌توان گفت تمایل اتم‌های منیزیم به اکسیدشدن و از دست دادن الکترون، بیشتر از اتم‌های روی است.

۳) چون منیزیم در مقایسه با مس پتانسیل کاهشی منفی‌تری دارد، این فلز در نقش آند سلول قرار می‌گیرد. بر این اساس، می‌توان گفت در سلول گالوانی منیزیم-مس، الکترون‌های موجود در مدار خارجی به سمت تیغه کاتدی(تیغه مسی) جاری می‌شوند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۶۳ برخی یون‌ها به‌صورت تک‌اتمی بوده و حاصل اکسایش یا کاهش یک اتم هستند. برای نمونه یون فلوئورید و یون پتاسیم، از این دست یون‌ها هستند. این در حالی است که برخی یون‌ها از اتصال چند اتم به یکدیگر تشکیل شده و به یون‌های چنداتمی شهرت دارند. برای نمونه یون‌های کربنات، سولفات و فسفات از این دست یون‌ها هستند. توجه داریم که بار الکتریکی یون‌های چنداتمی متعلق به همه اتم‌های موجود در آن‌ها بوده و نمی‌توان آن را به یکی از اتم‌ها نسبت داد.

فرمول یون‌های نیترات، سیلیکات، فسفات و هیدروژن کربنات به‌ترتیب به‌صورت NO_3^-، SiO_4^{4-}، PO_4^{3-} و HCO_3^- بوده و جمع جبری بار آن‌ها برابر با ۹- است. حال به محاسبهٔ عدد اکسایش اتم مرکزی آن‌ها می‌پردازیم. در این رابطه، داریم:

$$NO_3^-: N + 3\times(-2) = -1 \Rightarrow N = +5$$
$$SiO_4^{4-}: Si + 4\times(-2) = -4 \Rightarrow Si = +4$$
$$PO_4^{3-}: P + 4\times(-2) = -3 \Rightarrow P = +5$$
$$HCO_3^-: 1 + C + 3\times(-2) = -1 \Rightarrow C = +4$$

طبق محاسبات انجام شده، جمع عدد اکسایش اتم مرکزی در این یون‌ها برابر ۱۸ است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶۴ هر پنج عبارت مطرح‌شده درست هستند.

بررسی موارد:

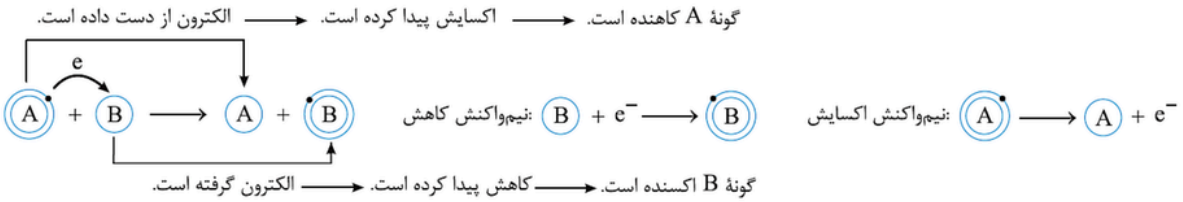
آ: عدد اکسایش اتم‌ها در ساختار پایدارترین دگرشکل عناصر مختلف، برابر با صفر است. همچنین در ساختار ترکیب‌ها، اتم‌ها عدد اکسایشی غیر از صفر دارند. پس واکنش تبدیل عناصر به ترکیب، با تغییر عدد اکسایش همراه بوده و واکنش اکسایش-کاهش محسوب می‌شود. البته در برخی ترکیب‌ها عدد اکسایش برخی از اتم‌ها صفر است اما حداقل دو اتم با عدد اکسایش غیر صفر وجود دارد. به عنوان مثال، در ساختار ساده‌ترین آلدهید(فرمالدهید)، عدد اکسایش اتم کربن برابر با صفر است اما عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن و هیدروژن به ترتیب برابر با ۲- و ۱+ می‌باشد.

ب: 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 می‌آید و اگر به صورت نسبی باشد، تنها عدد اکسایش گونه‌ها تغییر می‌کند. پس در یک واکنش اکسایش-کاهش، انتقال الکترون میان دو گونه که اکسایش و کاهش می‌یابد، انجام خواهد شد. همچنین همه واکنش‌های شیمیایی با انتقال گرما میان سامانه و محیط انجام می‌شوند. اگر واکنش اکسایش-کاهش به طور معمول و طبیعی انجام شود، با آزاد کردن گرما همراه بوده و واکنشی گرماده است. از طرفی اگر یک واکنش اکسایش-کاهش در طبیعت انجام نشود و برای انجام آن نیاز به انرژی الکتریکی باشد، آن واکنش گرماگیر است.

پ: 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:



ت: در واکنش اکسایش-کاهش، گونه اکسنده 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(اکسنده) ضمن اکسایش خود موجب کاهش گونه دیگر می‌شود. بر این اساس وجود هم‌زمان هر دو گونه اکسنده و کاهنده(گیرنده و فرستنده الکترون) برای انجام واکنش اکسایش-کاهش لازم است. تصویر زیر، نمایی از این فرایند را نشان می‌دهد:



ث: برخی از عناصر فلزی، پتانسیل کاهشی بالایی داشته و به راحتی الکترون از دست نمی‌دهند و در واکنش‌های شیمیایی شرکت نمی‌کنند. برای مثال، دو فلز طلا و پلاتین حتی در شرایط اسیدی نیز با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهند.

عناصر فلزی در فرایند خوردگی با گاز اکسیژن به سه دسته 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 حتی در محیط اسیدی نیز با اکسیژن واکنش نخواهند داد و حتی در این شرایط هم اکسید نمی‌شوند.

۲- فلزهایی که اکسید می‌شوند اما خورده نمی‌شوند. اکسید سطحی ایجادشده بر روی سطح این فلزها، بر روی لایه‌های 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، نیکل، تیتانیم و وانادیم می‌شود.

۳- سایر فلزها در اثر تماس با اکسیژن هوا، با اکسید شدن و ادامه یافتن این فرایند، به تدریج خورده می‌شوند و ترد شده و فرو می‌ریزند. به عنوان مثال آهن و مس که به ترتیب زنگار، قهوه‌ای و سبزرنگ دارند، در این دسته قرار می‌گیرند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶۵ واکنش موازنه‌نشده سوختن هیدروکربن‌ها به صورت زیر است:

$$C_nH_m + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

در این فرایند اتم‌های کربن اکسایش یافته و اتم‌های اکسیژن کاهش می‌یابند. بر این اساس، می‌توان گفت تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر مقدار الکترون مبادله‌شده بین این دو گونه است. پس از مشخص کردن تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن در هر گزینه، مقدار الکترون مبادله‌شده را در تولید یک مول کربن دی‌اکسید بدست می‌آوریم. دقت داریم که عدد اکسایش کربن در ساختار فراورده، برابر ۴+ است.

بررسی گزینه‌ها:

۱) مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در هگزان(C_6H_{14}) برابر ۱۴- است و به ازای سوختن هر مول از آن ۶ مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. پس تغییر عدد اکسایش ۶ اتم کربن برابر $۴ \times ۶ - (-۱۴) = ۳۸$ واحد است. بر این اساس، داریم:

$$?\,mol\,e^- = ۱\,mol\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,C_6H_{14}}{۶\,mol\,CO_2} \times \frac{۳۸\,mol\,e^-}{۱\,mol\,C_6H_{14}} \simeq ۶/۳\,mol$$

۲) مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در بنزن(C_6H_6) برابر ۶- است و به ازای سوختن هر مول از آن ۶ مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. پس تغییر عدد اکسایش ۶ اتم کربن برابر $۴ \times ۶ - (-۶) = ۳۰$ واحد است. بر این اساس، داریم:

$$?\,mol\,e^- = ۱\,mol\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,C_6H_6}{۶\,mol\,CO_2} \times \frac{۳۰\,mol\,e^-}{۱\,mol\,C_6H_6} = ۵\,mol$$

۳) مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در ۲-بوتن(C_4H_8) برابر ۸- است و به ازای سوختن هر مول از آن ۴ مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. پس تغییر عدد اکسایش ۴ اتم کربن برابر $۴ \times ۴ - (-۸) = ۲۴$ واحد است. بر این اساس، داریم:

$$?\,mol\,e^- = ۱\,mol\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,C_4H_8}{۴\,mol\,CO_2} \times \frac{۲۴\,mol\,e^-}{۱\,mol\,C_4H_8} = ۶\,mol$$

۴) مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در ۱-پنتین(C_5H_8) برابر ۸- است و به ازای سوختن هر مول از آن ۵ مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. پس تغییر عدد اکسایش ۵ اتم کربن برابر $۴ \times ۵ - (-۸) = ۲۸$ واحد است. بر این اساس، داریم:

$$?\,mol\,e^- = ۱\,mol\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,C_5H_8}{۵\,mol\,CO_2} \times \frac{۲۸\,mol\,e^-}{۱\,mol\,C_5H_8} = ۵/۶\,mol$$

با توجه به محاسبات انجام شده، شمار الکترون‌های مبادله‌شده میان اکسنده و کاهنده به ازای تولید یک مول کربن دی‌اکسید، در سوختن هگزان بیشتر از سایر مواد مطرح‌شده است. برای حل این سوال، راه‌حل سریع‌تری هم وجود دارد! باتوجه به آن که عدد اکسایش کربن در کربن دی‌اکسید برابر ۴+ است، هر چه عدد اکسایش کربن در ترکیب مورد نظر پایین‌تر، مقدار تفاوت عدد اکسایش اتم کربن در این ترکیب و کربن دی‌اکسید بیشتر خواهد بود و در واکنش سوختن، الکترون بیشتری مبادله می‌گردد. در میان این مواد میانگین عدد اکسایش اتم‌های کربن در هگزان($\frac{-۱۴}{۶}$)، منفی‌تر از بنزن(۱-)، ۲-بوتن(۲-) و ۱-پنتین($\frac{-۸}{۵}$) است، پس بیشترین میزان تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن، در هگزان رخ داده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶۶ معادله واکنش رفت و برگشت به صورت زیر است:

$$\text{رفت}: F_2(g) + 2HCl(g) \longrightarrow Cl_2(g) + 2HF(g)$$

$$\text{برگشت}: Cl_2(g) + 2HF(g) \longrightarrow F_2(g) + 2HCl(g)$$

بر این اساس، عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در واکنش رفت، عدد اکسایش اتم فلوئور در گاز فلوئور از صفر به ۱- در هیدروژن فلوئورید می‌رسد. پس در این واکنش فلوئور کاهش می‌یابد و نقش اکسنده را ایفا می‌کند. در ساختار لوویس گاز فلوئور، یک پیوند اشتراکی و ۶ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

ب: در واکنش برگشت عدد اکسایش اتم‌های فلوئور یک عدد افزایش می‌یابد. پس هیدروژن فلوئورید در این واکنش اکسایش یافته و کاهنده است. این ماده به هنگام حل‌شدن در آب به صورت جزئی یونش یافته و مقدار کمی یون هیدرونیوم و یون فلوئورید تولید می‌کند. پس هیدروژن فلوئورید برخلاف سایر هیدروژن هالیدها، اسیدی ضعیف به شمار رفته و ثابت یونش کوچکی دارد.

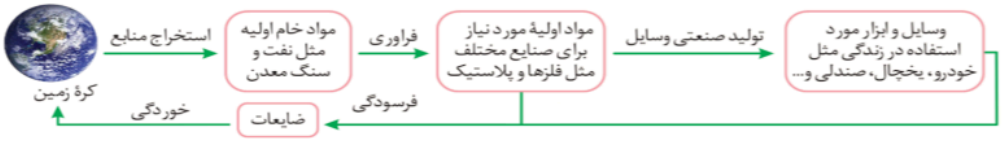
پ: در واکنش رفت، عدد اکسایش اتم کلر از ۱- در هیدروژن کلرید به صفر در گاز کلر می‌رسد. پس در این واکنش گاز هیدروژن کلرید نقش کاهنده را دارد. گاز هیدروژن کلرید در دمای ۲۵°C از واکنش گرماده گاز کلر و هیدروژن به آرامی تولید می‌شود.

ت: در واکنش برگشت، عدد اکسایش اتم کلر در گاز کلر صفر و در گاز هیدروژن کلرید برابر ۱- است. بنابراین گاز کلر در این واکنش کاهش یافته و نقش اکسنده را دارد. پیوند کووالانسی موجود در HF و Cl_2 هر دو یگانه هستند. چون شعاع اتمی فلوئور و هیدروژن از کلر کمتر است، طول پیوند $H-F$ کمتر بوده و این پیوند قوی‌تر است. به طور کلی قوی‌ترین پیوند یگانه موجود، پیوند $H-F$ بوده و حتی آنتالپی آن بیشتر از پیوند دوگانه $O=O$ می‌باشد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۶۷ در وسایل فلزی، فلزها به صورت عنصر فلزی وجود دارند که عدد اکسایش فلز در این حالت، برابر با صفر است اما در طبیعت اکثر این فلزها به صورت ترکیب وجود دارند. فلزها در ترکیبات خود عدد اکسایش مثبت دارند. پس در تبدیل وسایل فلزی به سنگ معدن در طبیعت، عدد اکسایش اتم فلز افزایش یافته و ذرات سازنده این عناصر اکسایش می‌یابند. یکی از فرایندهای اصلی تبدیل فلز به سنگ معدن، واکنش خوردگی است که در آن فلز اکسایش می‌یابد. نمودار زیر، روند کلی تغییر و فراوری منابع مختلف از جمله فلزهایی که از زمین استخراج می‌شوند را نشان می‌دهد:

بررسی سایر گزینه‌ها:



۱ واکنش فلزها با هیدروکلریک اسید به صورت زیر انجام می‌شود:

$$M + nHCl \longrightarrow MCl_n + \frac{n}{2}H_2$$

در این واکنش، فلزهایی که چند ظرفیت مختلف دارند، با کمترین ظرفیت خود در واکنش شرکت می‌کنند. در این واکنش، یون H^+ کاهش‌یافته و فلز اکسایش می‌یابد؛ بنابراین در این فرایند یون کلرید اکسایش یا کاهش نمی‌یابد و در واکنش شرکت نمی‌کند. می‌توان این واکنش را به صورت زیر نوشت:

$$M + nH^+ \longrightarrow M^{n+} + \frac{n}{2}H_2$$

۳ معادله واکنش سوختن فلز منیزیم به صورت زیر است:

$$2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$$

در این واکنش، نور خیره‌کننده‌ای تولید می‌شود که در گذشته به عنوان منبع نور در عکاسی استفاده می‌شده است. در این واکنش اکسیژن اکسنده و منیزیم کاهنده است. آرایش الکترونی هر دو یون تولیدشده(یون منیزیم و یون اکسید) مشابه گاز نئون می‌باشد.

۴ فلزهایی که پتانسیل استاندارد کاهشی آن‌ها بیشتر از صفر است، با محلول اسیدها(محلول حاوی یون هیدرونیوم) به طور طبیعی واکنش نمی‌دهند. مس، نقره، پلاتین و طلا در سری الکتروشیمیایی بالاتر از هیدروژن قرار داشته و E° آن‌ها مثبت است. پس این فلزها با یون هیدروژن موجود در محلول اسیدها واکنش نخواهند داد. از میان این ۴ فلز، فلزهای مس و نقره با گاز اکسیژن موجود در هوا واکنش می‌دهند به گونه‌ای که فلز مس زنگار سبزرنگ و فلز نقره اکسید تیره رنگی دارند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۶۸ پتانسیل کاهشی استاندارد هر چهار فلز مطرح‌شده در عبارت‌ها، کمتر از فلز مس است و بر این اساس در همه عبارت‌ها واکنش میان یون Cu^{2+} و فلزها رخ می‌دهد. در این واکنش‌ها یون مس(II) کاهش یافته و فلز اکسایش می‌یابد. بر این اساس، عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: واکنش فلز روی با این محلول به صورت زیر است:

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$$

در این واکنش، دو الکترون موجود در زیرلایه $4s$ $(n+l=4)$ فلز روی از این اتم جدا شده و یکی در زیرلایه $3d$ $(n+l=5)$ و دیگری در زیرلایه $4s$ یون مس(II) وارد می‌شوند تا اتم مس ایجاد شود. در این فرایند مقدار $n+l$ الکترونی که در زیرلایه $4s$ یون مس(II) می‌نشیند تغییر نمی‌کند؛ اما $n+l$ الکترونی که در زیرلایه $3d$ قرار می‌گیرد، از ۴ به ۵ می‌رسد.

ب: معادله واکنش انجام‌گرفته میان فلز آلومینیم و محلول مس(II) سولفات به صورت زیر است:

$$2Al(s) + 3Cu^{2+}(aq) \longrightarrow 3Cu(s) + 2Al^{3+}(aq)$$

در این واکنش با مصرف سه مول کاتیون مس(II)، دو مول کاتیون آلومینیم تولید می‌شود. پس با انجام این واکنش به مرور زمان مجموع غلظت کاتیون‌های موجود در محلول کاهش می‌یابد.

پ: واکنش‌پذیری تیتانیم بیشتر از آهن بوده و چون واکنش‌پذیری آهن از مس بیشتر است، می‌توان نتیجه گرفت واکنش‌پذیری تیتانیم نیز از مس بیشتر بوده و مقدار E° کاهشی این عنصر فلزی کمتر از مس است. پس در واکنش تیتانیم با یون مس(II)، یون مس کاهش یافته(الکترون می‌گیرد) و نیم واکنش کاهش به صورت زیر انجام می‌شود:

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$$

در این نیم‌واکنش، ضریب الکترون برابر دو است.

ت: واکنش میان فلز آهن و محلول مس(II) سولفات به صورت زیر انجام می‌شود:

$$Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Cu(s) + Fe^{2+}(aq)$$

در این واکنش آهن اکسیدشده و به یون آهن(II) تبدیل می‌شود. پس در این واکنش آهن کاهنده و یون مس اکسنده است. در این واکنش به ازای مصرف یک مول کاهنده، دو مول الکترون مبادله می‌شود که معادل $1/204 \times 10^{24}$ الکترون است. توجه داریم که رنگ محلول حاوی یون مس(II) آبی است. رنگ محلول تولیدشده در واکنش آخر، سبزرنگ می‌باشد؛ در حالی که محلول‌های تولیدشده در سه عبارت دیگر، شفاف هستند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۶۹ مطابق صورت مساله، در فرایند برقکافت یون کلر و آب مصرف می‌شوند. در این واکنش یون کلرید اکسایش یافته و به گاز کلر تبدیل می‌شود. پس در سمت دیگر نیز آب کاهش می‌یابد و یون هیدروکسید را تولید می‌کند. با توجه به تولید یون هیدروکسید در این واکنش، محلول نهایی ایجاد شده خاصیت بازی دارد.

معادله نیم‌واکنش‌های انجام‌شده به صورت زیر هستند:

نیم‌واکنش اکسایش : $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاهش : $2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

پس واکنش کلی انجام‌شده به صورت زیر است:

$$2Cl^-(aq) + 2H_2O(l) \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq) + Cl_2(g)$$

در این واکنش، غلظت یون کلرید به اندازه ۰/۸ مول بر لیتر کاهش یافته است(از یک مولار به ۰/۲ مولار رسیده است). از آنجا که ضریب یون کلرید و ضریب یون هیدروکسید در معادله موازنه شده واکنش یکسان است، پس می‌توان گفت طی این فرایند غلظت یون هیدروکسید نیز به ۰/۸ مول بر لیتر می‌رسد. حال pH محلول حاصل را به دست می‌آوریم:

$$pH = 14 + \log[OH^-] \Rightarrow pH = 14 + \log 8 \times 10^{-1} = 14 + \log 8 + \log 10^{-1} = 14 + 0/9 + (-1) = 13/9$$

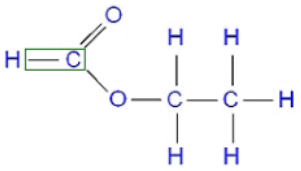
پس pH محلول پس از برقکافت برابر با ۱۳/۹ است.

فلز سدیم، یک کاهنده قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود. این عنصر در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود، تنها به شکل یون سدیم وجود دارد. این واقعیت نشان می‌دهد که یون های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های سدیم هستند. به همین، دلیل برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد. چون مولکول‌های آب در مقایسه با یون سدیم قدرت اکسندگی بالاتری دارند، برای بدست آوردن فلز سدیم نمی‌توان از برقکافت محلول آبی سدیم کلرید استفاده کرد. برای این منظور، باید از سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی استفاده شود تا یون سدیم بتواند در نیم‌واکنش کاهش شرکت کرده و فلز سدیم را تولید کند. توجه داریم که با افزودن کلسیم کلرید به سدیم کلرید، دمای ذوب این ماده از ۸۰۱ درجه سانتی‌گراد، به ۵۸۷ درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش پیدا می‌کند. این فرایند سبب کاهش انرژی موردنیاز برای ذوب سدیم کلرید می‌شود. البته از آن‌جا که $E^\circ(Ca^{2+}/Ca)$ کمتر از $E^\circ(Na^+/Na)$ است، وجود یون‌های کلسیم در مخلوط واکنش مزاحمتی برای کاهش یون‌های سدیم ایجاد نمی‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

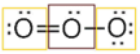
۲۷۰ ساختار اتیل متانوات به صورت زیر است:



اتم کربن گروه استری در اتیل متانوات، ۳ پیوند با اتم‌های اکسیژن داشته که الکترون‌های آن متعلق به اتم اکسیژن است و همچنین یک پیوند با اتم هیدروژن دارد که ۲ الکترون آن متعلق به کربن است، پس عدد اکسایش این کربن برابر ۲+ است. عدد اکسایش فلوئور در تمام ترکیبات آن ۱- است، پس عدد اکسایش اکسیژن در این ترکیب برابر ۲+ است. توجه داریم که اکسیژن تنها در ترکیبات دوتایی با فلوئور مانند OF_2 و O_2F_2 عدد اکسایش مثبت دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) فرمول ساختاری اوزون به صورت زیر است:



عدد اکسایش اتم مرکزی در این ساختار برابر ۱+ است. عدد اکسایش اتم اکسیژن با یک پیوند یگانه برابر ۱- و عدد اکسایش اتم دیگر برابر با صفر است. عدد اکسایش اتم هیدروژن در همه ترکیب‌ها به جز ترکیب یونی دوتایی با فلزها، ۱+ است. در ترکیب دوتایی با فلزها، عدد اکسایش یون هیدروژن برابر ۱- است.

۳) عدد اکسایش اتم منگنز در پتاسیم پرمنگنات($KMnO_4$) برابر ۷+ است. عدد اکسایش هیدروژن و اکسیژن در ساختار $HClO_3$ به ترتیب برابر ۱+ و ۲- است. پس برای آن که مجموع عدد اکسایش اتم‌ها در $HClO_3$ برابر با صفر شود، عدد اکسایش کلر باید ۵+ باشد.

۴) دو خانواده آلدهید و کتون در مواد آلی، حاوی گروه عاملی کربونیل هستند. ساده‌ترین آلدهید، یک کربن و ساده‌ترین کتون(استون) سه کربن در ساختار خود دارند؛ پس ساده‌ترین ماده آلی حاوی گروه کربونیل، اولین عضو آلدهیدها یعنی CH_2O است. با توجه به عدد اکسایش هیدروژن(۱+) و اکسیژن (۲-)، عدد اکسایش کربن برابر در این ماده برابر با صفر است. در یون‌ها تک اتمی، بار الکتریکی یون برابر با عدد اکسایش آن یون است. پس عدد اکسایش یون اکسید(O^{2-}) برابر ۲- است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷۱ در طی واکنش‌های اکسایش و کاهش، عدد اکسایش یکی از اتم‌های گونه اکسنده و کاهنده به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد. بر این اساس ابتدا عدد اکسایش نیتروژن در دو طرف معادله را برای هر چهار واکنش محاسبه می‌کنیم. اگر عدد اکسایش کم شد(نیتروژن کاهش یافت) اتم نیتروژن اکسنده و اگر عدد اکسایش زیاد شد(نیتروژن اکسایش یافت) اتم نیتروژن کاهنده است.

بررسی موارد:

آ: مرحله دوم فرایند هابر، معادل با واکنش تولید آمونیاک(NH_3) از هیدرازین(N_2H_4) و گاز هیدروژن است. عدد اکسایش نیتروژن در هیدرازین و آمونیاک به ترتیب برابر ۲- و ۳- می‌باشد. پس در این واکنش اتم نیتروژن کاهش یافته و اکسنده است.

ب: واکنش تولید نیترو اسید از گاز N_2O_3 و آب به صورت زیر است:

$$N_2O_3 + H_2O \longrightarrow 2HNO_2$$

عدد اکسایش نیتروژن در HNO_2 با توجه به عدد اکسایش هیدروژن و اکسیژن، برابر ۳+ است. ساختار لوویس N_2O_3 نیز به صورت زیر می‌باشد:



عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن در این ترکیب، به ترتیب برابر با ۲+ و ۴+ است. پس در این ترکیب یکی از اتم‌های نیتروژن اکسایش و دیگری کاهش یافته و به ترتیب کاهنده و اکسنده هستند. در واقع، در این فرایند اتم نیتروژن هم در نقش کاهنده و هم در نقش اکسنده است.

پ: واکنش انحلال گاز N_2O_5 در آب به صورت زیر است:

$$N_2O_5 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3$$

عدد اکسایش اتم نیتروژن در HNO_3 و N_2O_5، برابر با ۵+ است و واکنش انجام‌شده از نوع اکسایش-کاهش نیست. در واقع در این واکنش شیمیایی، نیتروژن نه اکسایش یافته و نه کاهش یافته است.

ت: واکنش مورد نظر به صورت زیر است:

$$N_2 + 2O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

عدد اکسایش نیتروژن در این واکنش از صفر در گاز نیتروژن به ۴+ در گاز نیتروژن دی‌اکسید می‌رسد. پس در این واکنش نیز نیتروژن اکسایش یافته و کاهنده است. به طور کلی در واکنش مواد مختلف(به جز گاز فلوئور) با گاز اکسیژن، ماده مورد نظر کاهنده و اکسیژن اکسنده است. با توجه به توضیحات داده شده، نیتروژن در دو واکنش اکسنده و در دو مورد نیز کاهنده است.

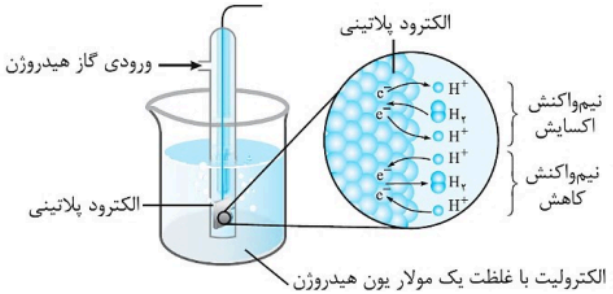
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷۲ عبارت‌های (آ) و (ت) در مورد نیم‌سلول استاندارد هیدروژن نادرست هستند.

بررسی موارد:

آ: تیغه پلاتینی این نیم‌سلول، در واکنش شرکت نمی‌کند و تنها سطح انجام واکنش را مهیا می‌کند. پس جرم این تیغه ثابت باقی می‌ماند و به مرور زمان دچار تغییر نمی‌شود. تصویر زیر، نمایی از ساختار این نیم‌سلول را نشان می‌دهد:



ب: در سلول‌های گالوانی، برای محاسبه emf از رابطه زیر استفاده می‌شود:

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

با توجه به صفربودن E° نیم‌سلول SHE، اگر این الکترود در سلولی نقش آند داشته باشد، نیروی الکتروموتوری آن سلول برابر E° کاتد خواهد بود.

پ: در سلول‌های الکتروشیمیایی، نیم‌واکنش انجام‌شده در کاتد، کاهشی خواهد بود. پس نیم‌واکنش انجام‌شده در کاتد سلول گالوانی مورد نظر به صورت زیر است:

$$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$$

در این فرایند با مصرف یون هیدروژن، غلظت آن کاهش و pH محلول آن افزایش خواهد یافت.

ت: شرایط گاز هیدروژن در این نیم‌سلول، فشار یک اتمسفر و دمای ۲۵°C است؛ اما در شرایط استاندارد گازها، دما برابر با ۰°C می‌باشد. پس حجم یک مول گاز هیدروژن در این شرایط بیشتر از حجم مولی گازها در شرایط استاندارد(۲۲/۴ لیتر) خواهد بود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۷۳

به طور کلی، در یک واکنش اکسایش-کاهش، فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، می‌تواند با کاتیون‌های فلزی حاصل از عناصری که قدرت کاهندگی کم‌تری دارند وارد واکنش شده و آن‌ها را به اتم‌های فلزی بکاهد. به عنوان مثال، چون قدرت کاهندگی Zn بیشتر از Cu است، اتم‌های روی می‌توانند با محلول محتوی یون‌های Cu^{2+} واکنش داده و یون‌های Cu^{2+} را به اتم‌های Cu بکاهند. در این رابطه داریم:

دمای محلول بالا می‌رود $\rightarrow$ کاتیون مس توسط اتم روی کاهیده می‌شود. $\Longrightarrow$ قدرت کاهندگی مس $<$ قدرت کاهندگی روی

با توجه به معادله واکنش‌های مطرح‌شده، داریم:

E°	واکنش
$M < B$	$M(s) + 2BNO_3(aq) \rightarrow M(NO_3)_2(aq) + 2B(s)$
$X > B$	$X(s) + B_3N(aq) \rightarrow$ به طور طبیعی انجام نمی‌شود
$Y < M$	$Y(s) + MCl_2(aq) \rightarrow YCl_2(aq) + M(s)$
$Z > X$	$Z(s) + X_2(SO_4)_3(aq) \rightarrow$ به طور طبیعی انجام نمی‌شود

پس مقایسه مقدار E° این فلزها به صورت $Z > X > B > M > Y$ است. نمودار زیر برخی از خواص دو فلز را با توجه مقایسه مقدار پتانسیل استاندارد کاهشی نشان می‌دهد:

فلز $E^\circ: A > B$

- $A < B$: قدرت کاهندگی
- کاتیون $B >$ کاتیون A : قدرت اکسندگی
- واکنش فلز B با محلول نمک فلز A به طور طبیعی
- عدم واکنش فلز A با محلول نمک فلز B به طور طبیعی
- جایگاه بالاتر فلز A در سری الکتروشیمیایی نسبت به فلز B
- $A < B$: دشواری استخراج
- $A > B$: آسان بودن شرایط نگهداری
- ممکن بودن نگهداری محلولی از B در ظرفی از A
- عدم امکان نگهداری محلولی از A در ظرفی از B

همچنین اگر خواص دو فلز با یکدیگر مقایسه شوند، می‌توان مقدار E° آن دو فلز را مقایسه کرد. به عبارت دیگر روابط موجود در مقایسه‌های (ب)، (پ)، (ت) و (ج) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: مطابق مقایسه انجام‌شده میان E° فلزها، پتانسیل کاهشی استاندارد فلز X بیشتر از M است.

ب: با توجه به پتانسیل استاندارد کاهشی فلزها، قدرت کاهندگی این فلزها به صورت $Z < X < B < M < Y$ است.

پ: دشواری استخراج یک فلز از ساختار ترکیب‌های حاوی آن، به معنای قدرت اکسندگی کمتر یون آن فلز و تمایل کمتر آن برای تبدیل‌شدن به اتم فلزی خواهد بود. پس با افزایش پتانسیل کاهشی استاندارد فلزها، تمایل یون‌های سازنده آن‌ها برای کاهش یافتن و تبدیل شدن به فلز افزایش می‌یابد و استخراج آن‌ها آسان‌تر می‌شود. مقایسه سختی استخراج این ۵ فلز به صورت $Z < X < B < M < Y$ است.

ت: با توجه به پتانسیل کاهشی استاندارد فلزها، قدرت اکسندگی یون‌های حاصل از این فلزها به صورت $Z^+ > X^{3+} > B^+ > M^{2+} > Y^{2+}$ است.

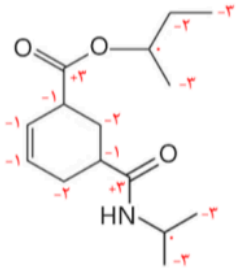
ث: دشواری شرایط نگهداری فلز به معنای جلوگیری از واکنش دادن و اکسایش آن فلز است. اگر قدرت کاهندگی یک فلز افزایش یابد، شرایط نگهداری آن نیز سخت‌تر خواهد شد. مقایسه دشواری شرایط نگهداری فلزها به صورت $Z < X < B < M < Y$ است.

ج: نیروی الکتروموتوری در سلول گالوانی برابر تفاوت مقدار E° فلزهای سازنده آند و کاتد است. تفاوت E° فلزهای Y و X بیشتر از دو فلز M و B بوده و بر این اساس، مقدار emf سلول $X - Y$ بیشتر می‌باشد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷۴ عدد اکسایش اتم‌های کربن در این ترکیب به صورت زیر مشخص شده‌اند:



در رابطه با ترکیب داده شده، عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در این ماده عدد اکسایش ۴ اتم کربن برابر ۱- است.

ب: در سوختن ناقص مواد آلی، گاز کربن مونوکسید تولید می‌شود که عدد اکسایش کربن در آن ۲+ و عدد اکسایش اکسیژن نیز در آن برابر با ۲- است. عدد اکسایش دو اتم کربن در این ماده برابر با ۳+ بوده و با تبدیل شدن به کربن مونوکسید، عدد اکسایش آن‌ها کم‌شده و کاهش می‌یابد. سایر اتم‌های کربن موجود در این ماده، با تبدیل شدن به گاز کربن مونوکسید، اکسایش پیدا می‌کنند.

پ: در ساختار این ماده دو گروه عاملی کربوکسیلی و آمیدی دیده می‌شود که عدد اکسایش کربن موجود در آن‌ها با یکدیگر برابر و مساوی ۳+ است.

ت: به هنگام سوختن کامل یک ماده آلی، کربن‌ها موجود در آن به گاز کربن دی‌اکسید منتقل می‌شوند. عدد اکسایش اتم کربن در کربن دی‌اکسید برابر ۴+ بوده و چون ۱۵ اتم‌های کربن در ساختار این ماده وجود دارد، مجموع عدد اکسایش در آن برابر ۶۰+ خواهد شد. از طرفی مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در این ماده برابر ۱۶- بوده و عدد اکسایش اتم‌ها کربن در این واکنش در مجموع ۷۶ عدد تغییر می‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۷۵ به علت آن که در این سلول انرژی الکتریکی تولید می‌شود(با توجه به روشن‌شدن چراغ)، می‌توان گفت این سلول الکتروشیمیایی، از نوع گالوانی است. پتانسیل کاهشی استاندارد نقره مثبت و پتانسیل کاهشی استاندارد روی منفی می‌باشد. پس در این سلول گالوانی، نیم‌سلول روی آند و نیم‌سلول نقره کاتد است. نیم‌واکنش‌ها و واکنش انجام‌شده در این سلول، به صورت زیر هستند:

نیم‌واکنش آندی : $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاتدی : $Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$

واکنش کلی : $Zn(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow 2Ag(s) + Zn^{2+}(aq)$

در این سلول به ازای تولید هر مول یون روی، دو مول یون نقره مصرف می‌شود. پس شیب نمودار تغییر غلظت بر حسب زمان(یا همان سرعت) برای یون نقره دو برابر یون روی خواهد بود. در واقع اگر غلظت یون روی در نمودار به اندازه x مول بر لیتر افزایش یافته است، غلظت یون نقره باید متناسب با ضریب استوکیومتری آن در معادله واکنش و به اندازه $2x$ مول بر لیتر کاهش پیدا کند. این در حالی است که در نمودار داده شده در صورت سوال، میزان تغییر غلظت دو کاتیون با هم برابر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) مقدار emf سلول‌های الکتروشیمیایی به پتانسیل کاهشی نیم‌سلول‌ها بستگی دارد. پتانسیل کاهشی نیم‌سلول‌ها به غلظت کاتیون موجود در محلول، جنس تیغه و دما بستگی دارد. با انجام واکنش شیمیایی در سلول مورد نظر، غلظت کاتیون‌ها به مرور تغییر کرده و به دنبال آن پتانسیل نیم‌سلول و emf سلول تغییر خواهد کرد.

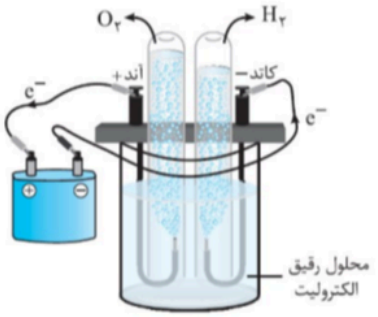
۳) جهت حرکت الکترون در سیم(مدار خارجی) از سمت آند به کاتد و جهت حرکت کاتیون‌ها در دیواره متخلخل از سمت آند به کاتد است؛ پس جهت این دو انتقال مشابه یکدیگر است.

۴) در سلول‌های گالوانی آنیون‌ها در دیواره متخلخل از نیم‌سلول کاتدی به سمت نیم‌سلول آندی(در این جا، فلز روی) پیش می‌روند. توجه داریم، واکنش‌های الکتروشیمیایی که به طور طبیعی انجام می‌شوند(مانند واکنش‌های سلول‌های گالوانی) گرماده هستند و با آزادکردن گرما همراه هستند. چون بازده سلول گالوانی در تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی برابر با ۱۰۰٪ نیست، پس می‌توان گفت گرمای آزادشده در این واکنش موجب افزایش دمای محلول‌های موجود در سلول نیز می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷۶ ساختار سلول برقکافت آب به صورت زیر است:



در رابطه با این سلول، عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در سلول‌های الکترولیتی، قطب مثبت آند و قطب منفی، کاتد است. پس گازهای تولیدشده در قطب مثبت و منفی به ترتیب اکسیژن و هیدروژن هستند. معادله این واکنش به صورت $2H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ بوده و بر اساس آن حجم گاز اکسیژن تولیدشده در آند نصف حجم گاز هیدروژن تولیدشده در سمت کاتد است.

ب: به علت آن که آب خالص رسانایی الکتریکی اندکی دارد، پس برای برقکافت آب باید در آن اندکی الکترولیت حل کرد. در سلول برقکافت سدیم کلرید مذاب، برای کاهش نقطه ذوب سدیم کلرید به آن کلسیم کلرید اضافه می‌شود. پس الکترولیت به کاررفته در هر دو سلول برقکافت خالص نبوده و مخلوط هستند.

پ: در همه سلول‌های الکتروشیمیایی(چه الکترولیتی و چه گالوانی)، الکترون در سمت آند(محل اکسایش) تولید و از طریق سیم به طرف کاتد رفته و در آن الکترود(محل کاهش) مصرف می‌شود.

ت: در نیم‌واکنش آندی، به ازای مصرف دو مول آب، ۴ مول الکترون تولید می‌شود. در نیم واکنش کاتدی این ۴ مول الکترون با ۴ مول آب واکنش خواهد داد. بر این اساس، می‌توان گفت مقدار آب مصرف شده در سمت کاتد، دو برابر آند است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۷۷ در موازنه نیم‌واکنش‌ها و واکنش‌های اکسایش-کاهش، باید علاوه بر موازنه عناصر، 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 بارها در دو طرف معادله برابر باشند. هر چهار نیم‌واکنش را بر این اساس موازنه می‌کنیم:

۱) معادله نیم‌واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$N_2 + 8OH^- \longrightarrow 2NO_2 + 4H_2O + e^-$$

در حال حاضر بدون در نظر گرفتن الکترون، جمع بارها در واکنش‌دهنده‌ها ۸- و در فراورده‌ها صفر است؛ پس ضریب الکترون در این معادله برابر ۸ خواهد بود:

$$N_2 + 8OH^- \longrightarrow 2NO_2 + 4H_2O + 8e^-$$

۲) معادله نیم‌واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$2S_2O_7^{2-} \longrightarrow 4SO_2 + O_2 + e^-$$

جمع بارها در سمت راست صفر و در سمت چپ ۴- است؛ پس ضریب الکترون برابر ۴ می‌باشد.

$$2S_2O_7^{2-} \longrightarrow 4SO_2 + O_2 + 4e^-$$

۳) معادله نیم‌واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$3H_2O + S \longrightarrow HSO_3^- + 5H^+ + e^-$$

جمع بارها در سمت چپ صفر و در سمت راست ۴+ است. ضریب الکترون برابر ۴ خواهد بود:

$$3H_2O + S \longrightarrow HSO_3^- + 5H^+ + 4e^-$$

۴) معادله نیم‌واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ + e^- \longrightarrow 4H_2O + Cr_2O_3$$

بدون در نظر گرفتن الکترون، جمع بارها در سمت چپ ۶+ و در سمت راست صفر است. پس ضریب الکترون برابر ۶ می‌باشد.

$$Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ + 6e^- \longrightarrow 4H_2O + Cr_2O_3$$

با توجه به مراحل انجام شده، پس از موازنه ضریب الکترون در نیم‌واکنش اول بیشتر از بقیه موارد است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۷۸ در سلول‌های گالوانی، واکنشی که در طبیعت به صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود، رخ خواهد داد. این سلول‌های الکتروشیمیایی، با تولید انرژی همراه خواهند بود. پتانسیل استاندارد کاهشی آلومینیم کمتر از آهن بوده و واکنش فلز آلومینیم با یون Fe^{2+} به صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود. پس واکنش انجام‌شده در این سلول به صورت مقابل است:

$$2Al(s) + 3Fe^{2+}(aq) \longrightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3Fe(s)$$

نیم‌واکنش‌های انجام‌شده در این فرایند به صورت زیر هستند:

آند : $Al(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^-$

کاتد : $Fe^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Fe(s)$

بر این اساس، عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) نادرست هستند.

بررسی موارد:

آ: در سلول گالوانی مورد نظر، محلول آندی(حاوی یون Al^{3+}) بی‌رنگ و محلول کاتدی(حاوی یون Fe^{2+}) سبزرنگ است. در این سلول یون‌های آهن(II) مصرف‌شده و غلظت آن کاهش می‌یابد. به مرور زمان، با کاهش غلظت یون مسبب رنگ محلول، آن محلول کم‌رنگ می‌شود.

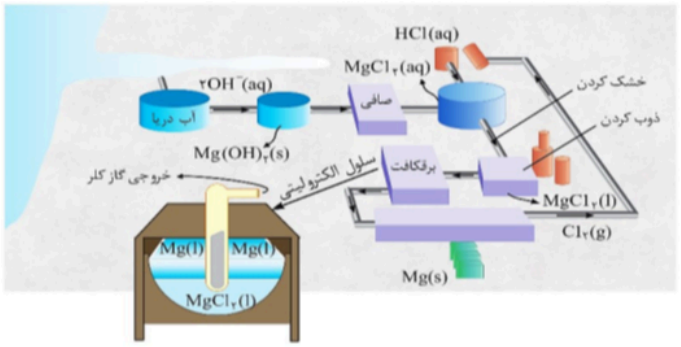
ب: در این سلول، به ازای تولید دو مول کاتیون آلومینیم در آند، سه مول کاتیون آهن در کاتد مصرف می‌شود، پس نسبت مورد نظر تقریباً برابر ۰/۶۷ است.

پ: در این واکنش به ازای مصرف دو مول آلومینیم، ۵۴ گرم از جرم تیغه آندی کم می‌شود. همچنین به ازای مصرف دو مول آلومینیم، سه مول آهن معادل ۱۶۸ گرم آهن بر روی تیغه کاتدی قرار می‌گیرد. پس در این سلول کاهش جرم تیغه آندی کمتر از افزایش جرم تیغه کاتدی خواهد بود.

ت: در سلول‌های گالوانی، فلزی که E° بیشتری دارد، در موقعیت کاتد قرار می‌گیرد. یون‌های این فلز کاهش یافته و به اتم فلز تبدیل می‌شوند. بنابراین غلظت کاتیون فلزی با E° بیشتری در سلول گالوانی، در طول واکنش کاهش می‌یابد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

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



در این فرایند ابتدا به آب دریا که حاوی یون منیزیم است، محلولی بازی حاوی یون‌های هیدروکسید اضافه می‌شود تا رسوب منیزیم هیدروکسید تولید شود. سپس به این ماده، محلول اسید قوی HCl اضافه می‌شود تا ماده مورد استفاده در سلول برقکافت، یعنی منیزیم کلرید ایجاد شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) سلول الکترولیتی به کاررفته در این فرایند، سلول برقکافت منیزیم کلرید مذاب است. پس الکترولیت آن، منیزیم کلرید به صورت مذاب می‌باشد. در سلول‌های الکترولیتی، الکترولیت می‌تواند محلول یک نمک در آب یا خود همان نمک در حالت مایع(مذاب) باشد.

۲) همان‌طور که در شکل نشان داده شده مشخص است، در سلول الکترولیتی، منیزیم مذاب(مایع) تولیدشده بر روی سطح الکترولیت مذاب(منیزیم کلرید) قرار می‌گیرد که به علت چگالی بیشتر منیزیم کلرید مذاب نسبت به منیزیم مایع است.

۴) با توجه به شکل نشان داده شده، الکترودی که در مجاورت آن یون کلرید اکسایش یافته و به گاز کلر تبدیل می‌شود، درون الکترولیت قرار دارد. یون کلرید در آند(قطب مثبت در سلول‌های الکترولیتی مانند برقکافت) اکسایش می‌یابد؛ بنابراین الکترود درون الکترولیت، قطب مثبت بوده و الکترودی که اطراف الکترولیت را می‌گیرد، قطب منفی است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۸۰ عبارت‌هایی (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در این فرایند، آب به عنوان الکترولیت عمل کرده و به انتقال کاتیون‌های آهن به سمت محل کاتد و تولید رسوب کمک می‌کند. همچنین این ماده در نیم‌واکنش کاهش شرکت می‌کند و یکی از واکنش‌دهنده‌های این فرایند است؛ اما چون هیچ یک از اتم‌های موجود در آب تغییر عدد اکسایش نداشته‌اند، این ماده نه اکسنده و نه کاهنده است.

ب: نیم‌واکنش کاهش این فرایند شیمیایی به صورت زیر است:

$$۲H_۲O(l) + O_۲(g) + ۴e^- \longrightarrow ۴OH^-(aq)$$

مجموع ضریب گونه‌ها در این معادله برابر ۱۱ است.

پ: در سلول سوختی هیدروژن نیم‌واکنش کاهش به صورت زیر انجام می‌شود:

$$۴H^+(aq) + O_۲(g) + ۴e^- \longrightarrow ۲H_۲O(l)$$

معادله این نیم‌واکنش، مشابه نیم‌واکنش کاهش در فرایند خوردگی آهن در محیط خنثی نیست.

ت: در فرایند خوردگی آهن با اکسیژن در محیط اسیدی، نیم‌واکنش کاهش به صورت بالا بوده و یون OH^- تولید نمی‌شود که با یون آهن تولیدشده در نیم‌واکنش اکسایش، رسوب کند. پس در این حالت زنگ آهن تولید نشده و به جای آن محلولی از یون آهن و آنیون اسید ایجاد می‌شود. برای مثال، اگر در قطره آب هیدروکلریک اسید حل شده باشد، در نهایت مقداری $FeCl_۲$ تولید خواهد شد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۸۱ مقدار E° نقره مثبت است. هرچند که مقدار E° مس نیز مثبت است، اما این مقدار از E° نقره کمتر می‌باشد. در جدول تناوبی، واکنش‌پذیری فلزها از بالا به پایین افزایش می‌یابد؛ پس واکنش‌پذیری گالیم از آلومینیم بیشتر است؛ پس می‌توان گفت E° آن از آلومینیم کمتر بوده و منفی است. بر این اساس E° هر دو فلز گالیم و مس از نقره کمتر بوده و هر دو فلز، با محلول حاوی یون نقره واکنش می‌دهند. واکنش‌های انجام‌شده به صورت زیر هستند:

$$Cu(s) + ۲Ag^+(aq) \longrightarrow Cu^{۲+}(aq) + ۲Ag(s) \qquad Ga(s) + ۳Ag^+(aq) \longrightarrow Ga^{۳+}(aq) + ۳Ag(s)$$

ابتدا مقدار نقره تولیدشده در دو واکنش را حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\ Ag = ۱۱۸/۸\ g\ Ag \times \frac{۱\ mol\ Ag}{۱۰۸\ g\ Ag} = ۱/۱\ mol$$

پس اگر مقدار گالیم مصرف‌شده در واکنش اول برابر با x مول باشد(معادل $۷۰x$ گرم)، در این واکنش $۳x$ مول نقره تولید شده است. همچنین با توجه به تولید ۱/۱ مول نقره در این دو واکنش، در واکنش دوم $۱/۱ - ۳x$ مول نقره تولید شده است. حال جرم مس مصرف‌شده در واکنش دوم را بدست می‌آوریم:

$$?\,g\ Cu = (۱/۱ - ۳x)\ mol\ Ag \times \frac{۱\ mol\ Cu}{۲\ mol\ Ag} \times \frac{۶۴\ g\ Cu}{۱\ mol\ Cu} = ۳۵/۲ - ۹۶x$$

مجموع جرم گالیم و مس برابر جرم اولیه آلیاژ است. پس داریم:

$$۷۰x + (۳۵/۲ - ۹۶x) = ۳۰ \Rightarrow ۵/۲ = ۲۶x \Rightarrow x = ۰/۲$$

بنابراین جرم گالیم برابر ۱۴ گرم و جرم مس برابر ۱۶ گرم است. در نهایت درصد جرمی گالیم را در این آلیاژ محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی گالیم} = \frac{\text{جرم گالیم}}{\text{جرم کل}} \times ۱۰۰ \Rightarrow A = \frac{۱۴}{۳۰} \times ۱۰۰ \simeq ۴۶/۷٪$$

درصد جرمی گالیم در این آلیاژ به تقریب برابر با ۴۶/۷ درصد است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۸۲ معادله موازنه نشده این واکنش به صورت زیر است:

$$HNO_3(aq) + H_2S(g) \longrightarrow NO(g) + S(s) + H_2O(l)$$

در این واکنش عدد اکسایش گوگرد و نیتروژن تغییر می‌کند. پس می‌توان معادله این واکنش را به کمک تغییر عدد اکسایش موازنه کرد.

برای موازنه واکنش‌های اکسایش-کاهش، می‌توان از روند تغییر عدد اکسایش گونه‌های مختلف کمک گرفت. در این روش از این حقیقت استفاده می‌شود که شمار الکترون‌های جداشده از کاهنده با شمار الکترون‌های رسیده به اکسنده برابر است. برای این منظور، ابتدا اتم‌هایی که کاهش یا اکسایش یافته‌اند را مشخص کرده و تغییر عدد اکسایش آن دو را مشخص می‌کنیم. اگر این دو اتم در واکنش‌دهنده‌ها زیروند داشتند، در تغییر عدد اکسایش ضرب می‌کنیم. در نهایت تغییر عدد اکسایش کاهنده را ضریب اکسنده و تغییر عدد اکسایش اکسنده را ضریب کاهنده قرار می‌دهیم و در ادامه واکنش را موازنه می‌کنیم. در واقع در این روش نسبت ضریب میان اکسنده و کاهنده را مشخص کرده‌ایم. به عنوان مثال برای موازنه واکنش $Fe(s) + H_2O(l) + O_2(g) \longrightarrow Fe(OH)_3(s)$، طبق همین مراحل عمل می‌کنیم. در این واکنش اکسیژن اکسنده و آهن کاهنده است. عدد اکسایش اکسیژن از صفر به ۲- و عدد اکسایش آهن نیز از صفر به ۳+ می‌رسد. با توجه به زیروند ۲ اتم اکسیژن در سمت واکنش‌دهنده‌ها، تغییر عدد اکسایش اکسیژن برابر با ۴ واحد و تغییر عدد اکسایش آهن نیز برابر با ۳ واحد است. پس به آهن ضریب ۴ و به اکسیژن ضریب ۳ می‌دهیم. بر این اساس، داریم:

$$4Fe(s) + H_2O(l) + 3O_2(g) \longrightarrow Fe(OH)_3(s)$$

در نهایت معادله را موازنه می‌کنیم:

$$4Fe(s) + 6H_2O(l) + 3O_2(g) \longrightarrow 4Fe(OH)_3(s)$$

عدد اکسایش اتم نیتروژن از ۵+ در HNO_3، به ۲+ در NO رسیده و ۳ واحد تغییر دارد. همچنین عدد اکسایش گوگرد از ۲- در H_2S به صفر در عنصر گوگرد رسیده و ۲ واحد زیادشده است. پس به HNO_3 ضریب ۲ و به H_2S ضریب ۳ خواهیم داد:

$$2HNO_3(aq) + 3H_2S(g) \longrightarrow NO(g) + S(s) + H_2O(l)$$

حال واکنش را به طور کامل موازنه می‌کنیم:

$$2HNO_3(aq) + 3H_2S(g) \longrightarrow 2NO(g) + 3S(s) + 4H_2O(l)$$

در این واکنش عدد اکسایش اتم نیتروژن در اکسنده ۳ واحد تغییر می‌کند. پس به ازای مصرف یک مول HNO_3 در این واکنش، مقدار ۳ مول الکترون میان گونه‌های اکسنده و کاهنده مبادله می‌شود. توجه داریم که معادله این واکنش را به روش وارسی نیز می‌توانستیم موازنه کنیم. برای این منظور، کافی بود به پیچیده‌ترین ترکیب(HNO_3)، ضریب یک داده و سایر مواد را موازنه کنیم.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

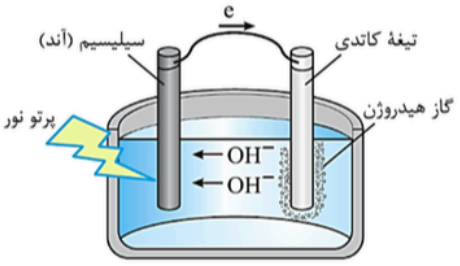
۲۸۳ تنها عبارت (ب) درست است.

بررسی موارد:

آ: در برخی از سلول‌های الکتروشیمیایی، برای انجام واکنش اکسایش-کاهش از نور استفاده می‌شود و به همین علت به آن‌ها سلول نورالکتروشیمیایی گفته می‌شود. از یکی از این سلول‌های نور الکتروشیمیایی، برای تولید گاز هیدروژن استفاده می‌شود. در این سلول، پتانسیل کاهشی استاندارد آند کمتر از کاتد بوده و emf سلول مثبت است. به طور کلی، این سلول‌ها ویژگی‌هایی بین سلول‌های گالوانی و الکترولیتی را داشته و در یک دسته جداگانه قرار می‌گیرند. توجه داریم که مقدار emf این سلول بسیار کوچک بوده و بازده و سرعت واکنش آن پایین است، اما با این وجود چون این فرایند برخلاف برقکافت آب، به کمک نور خورشید انجام‌شده و نیاز به مصرف انرژی ندارد، برای تولید گاز هیدروژن توصیه می‌شود. واکنش کلی انجام‌شده در سلول به صورت زیر است:

$$Si(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow SiO_2(s) + 2H_2(g)$$

تصویر زیر، نمایی از سلول نورالکتروشیمیایی استفاده شده برای تجزیه‌ی آب و تولید گاز هیدروژن را نشان می‌دهد:



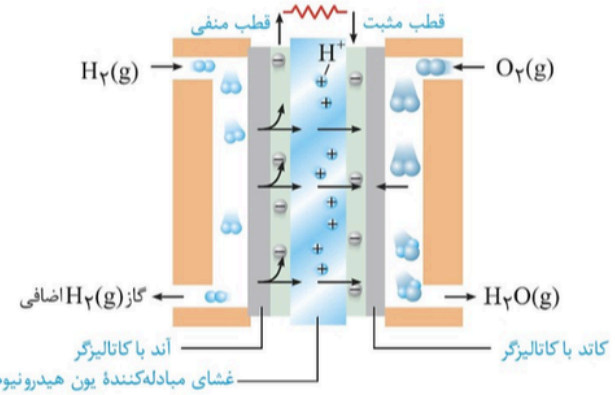
ب: نیم واکنش‌های انجام‌گرفته در هر دو قطب سلول نورالکتروشیمیایی تولیدکننده گاز هیدروژن، به صورت زیر هستند:

قطب مثبت (کاتد) : $2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

قطب منفی (آند) : $Si(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow SiO_2(s) + 4H^+(aq) + 4e^-$

در سمت آند، یون هیدروژن و در سمت کاتد، یون هیدروکسید تولید می‌شود. پس الکترولیت آند، اسیدی و الکترولیت کاتد، بازی است. پس pH محلول بازی قطب مثبت بیشتر از pH محلول اسیدی قطب منفی می‌باشد.

پ: ساختار سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن به صورت زیر است:



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

کاتد : $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(g)$

آند : $H_2(g) \longrightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$

در این سلول، یون‌های هیدروژن تولیدشده در آند از طریق غشای مبادله‌کننده یون هیدرونیوم و الکترون‌های آزادشده از طریق مدار خارجی به 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 مصرف‌نشده هیدروژن از آن خارج می‌شود. در مقابل به کاتد گاز اکسیژن وارد و بخارآب خارج می‌شود. در این سلول، الکترولیت موجود در غشای مبادله‌کننده یون هیدرونیوم، خاصیت اسیدی دارد.

ت: واکنش کلی انجام‌گرفته در سلول سوختی متان-اکسیژن، مشابه واکنش سوختن این ماده بوده و به صورت زیر است:

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

در این واکنش، عدد اکسایش هر اتم کربن(کاهنده) از ۴- در متان به ۴+ در کربن دی‌اکسید می‌رسد. همچنین عدد اکسایش هر اتم اکسیژن(اکسنده) از صفر در گاز اکسیژن به ۲- در کربن دی‌اکسید و بخار آب می‌رسد. پس نسبت تغییر عدد اکسایش هر اتم کاهنده به هر اتم اکسنده برابر $\frac{8}{2} = 4$ است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۸۴ معادله واکنش موازنه‌شده زنگ‌زدن آهن به صورت زیر است:

$$۴Fe(s) + ۶H_۲O(l) + ۳O_۲(g) \longrightarrow ۴Fe(OH)_۳(s)$$

تغییر جرم قطعه آهنی برابر جرم یون‌های هیدروکسید اضافه‌شده به فلز آهن در واکنش بالا است. پس در این ماده ۲۰/۴ گرم یون هیدروکسید وجود دارد. بر این اساس، جرم آهن مصرف‌شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Fe = ۲۰/۴\,g\,OH^- \times \frac{۱\,mol\,OH^-}{۱۷\,g\,OH^-} \times \frac{۱\,mol\,Fe(OH)_۳}{۳\,mol\,OH^-} \times \frac{۴\,mol\,Fe}{۴\,mol\,Fe(OH)_۳} \times \frac{۵۶\,g\,Fe}{۱\,mol\,Fe} = ۲۲/۴\,g$$

حال درصدی از آهن را که در این واکنش اکسایش یافته، حساب می‌کنیم:

$$\text{درصد آهن خورده‌شده} = \frac{\text{جرم آهن خورده‌شده}}{\text{جرم کل آهن}} \times ۱۰۰ \Rightarrow A = \frac{۲۲/۴}{۸۰} \times ۱۰۰ = ۲۸٪$$

پس ۲۸ درصد آهن در این واکنش شرکت‌کرده است. فرایند ترمیت که خود یک واکنش اکسایش-کاهش بوده، به صورت زیر انجام می‌شود:

$$۲Al(s) + Fe_۲O_۳(s) \longrightarrow ۲Fe(l) + Al_۲O_۳(s)$$

از این واکنش برای تولید ۲۲/۴ گرم آهن برای جایگزینی با آهن خورده‌شده استفاده می‌شود. بر این اساس، جرم آلومینیم مصرف‌شده را بدست می‌آوریم:

$$?\,g\,Al\ \text{ناخالص} = ۲۲/۴\,g\,Fe \times \frac{۱\,mol\,Fe}{۵۶\,g\,Fe} \times \frac{۲\,mol\,Al}{۲\,mol\,Fe} \times \frac{۲۷\,g\,Al}{۱\,mol\,Al} \times \frac{۱۰۰\,g\,Al\ \text{ناخالص}}{۷۵\,g\,Al} = ۱۴/۴\,g$$

در واکنش ترمیت، ۱۴/۴ گرم آلومینیم ناخالص مصرف می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۸۵ پوشش سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی(مانند طلا، نقره، کروم و ...)، آبکاری نام دارد. در سلول الکترولیتی مربوط به این فرایند، تیغه فلز آبکاری را به قطب مثبت باتری و جسم فلزی را به قطب منفی باتری وصل می‌کنیم. الکترولیت به کاررفته در این واکنش نیز محلولی از نمک فلز آبکاری است. در قطب مثبت یا همان آند، فلز آبکاری اکسایش یافته و به کاتیون تبدیل می‌شود. الکترون آزادشده در این قطب به سمت قطب منفی یا همان کاتد رفته و در نیم‌واکنش کاهش، کاتیون موجود در محلول شرکت می‌کند. در واقع نیم‌واکنش‌های انجام‌شده در این سلول قرینه یکدیگر هستند.

$$\text{کاتد}: M^{n+}(aq) + ne^- \longrightarrow M(s) \qquad \text{آند}: M(s) \longrightarrow M^{n+}(aq) + ne^-$$

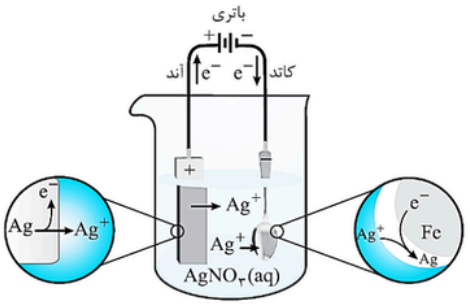
عبارت‌های (آ) و (ب) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در سلول آبکاری اگر n مول فلز در آند اکسایش یابد، n مول کاتیون همان فلز در کاتد کاهش می‌یابد. پس در این سلول، اگر آند از جنس فلز پوشاننده باشد، کاهش جرم تیغه آندی برابر افزایش جرم تیغه کاتدی است. همچنین با توجه به تولید و مصرف مقدار یکسان کاتیون در دو نیم‌واکنش، غلظت کاتیون این فلز در الکترولیت ثابت بوده و نیازی به اضافه کردن نمک آن به محلول حین انجام کار سلول نیست.

ب: در فرایند آبکاری، جسمی که آبکاری روی آن انجام می‌شود باید به قطب منفی باتری وصل شود، تا نقش کاتد را داشته باشد و بر روی سطح آن، نیم‌واکنش کاهش رخ دهد.

تصویر زیر، نمایی از این سلول را نشان می‌دهد:



پ: در سلول آبکاری، الکترولیت به کاررفته باید محلولی از نمک فلز آبکاری باشد. یعنی برای آبکاری وسیله مسی با فلز طلا، الکترولیت به کاررفته باید محلولی از یک نمک حاوی کاتیون طلا باشد.

ت: واکنشی که در آبکاری رخ می‌دهد، تنها جابه‌جایی یک فلز از یک قطب به قطب دیگر است. یعنی معادله آبکاری جسم آهنی با نقره به صورت زیر است:

$$Ag(s, \text{آند}) \longrightarrow Ag(s, \text{کاتد})$$

واکنش تیغه آهنی با محلول نقره نیترات به صورت زیر انجام می‌شود:

$$۲AgNO_۳(aq) + Fe(s) \longrightarrow Fe(NO_۳)_۲(aq) + ۲Ag(s)$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud

۲۸۶ پتانسیل کاهشی استاندارد فلز مس مثبت بوده و از پتانسیل کاهشی استاندارد فلز روی که منفی است، بیشتر می‌باشد. پس در سلول گالوانی روی-مس، روی اکسایش یافته و یون مس کاهش می‌یابد. پس معادله واکنش انجام‌شده در این سلول به صورت زیر است:

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$$

در این واکنش به ازای مصرف یک مول روی(معادل ۶۵ گرم فلز روی)، یک مول مس(معادل ۶۴ گرم فلز مس) تولید می‌شود. پس در سلول گالوانی روی-مس، به ازای کاهش ۶۵ گرم از جرم تیغه آندی، مقدار ۳۲ گرم به جرم تیغه کاتدی(نصف مس تولیدشده) اضافه می‌شود. بنابراین با مصرف یک مول روی در این واکنش اختلاف جرم تیغه‌ها ۹۷ گرم افزایش می‌یابد. حال مقدار فلز روی مصرف‌شده در این واکنش را حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\ Zn = ۶۷/۹\ g \text{ اختلاف جرم} \times \frac{۱\ mol\ Zn}{۹۷\ g \text{ اختلاف جرم}} = ۰/۷\ mol$$

همچنین در این واکنش به ازای مصرف یک مول روی، دو مول الکترون میان گونه اکسنده(یون مس(II)) و گونه کاهنده(فلز روی) مبادله می‌شود. بر این اساس، تعداد الکترون مبادله‌شده را بدست می‌آوریم:

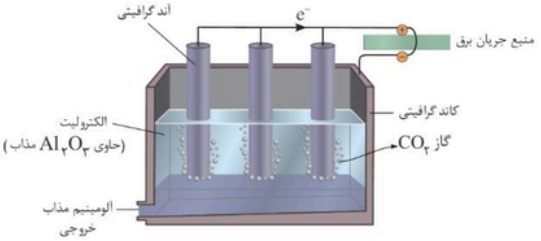
$$?\ e^- = ۰/۷\ mol\ Zn \times \frac{۲\ mol\ e^-}{۱\ mol\ Zn} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ e^-}{۱\ mol\ e^-} \simeq ۸/۴ \times ۱۰^{۲۳}$$

پس در این فرایند به تقریب $۸/۴ \times ۱۰^{۲۳}$ الکترون درون سیم بین دو الکترود منتقل شده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۸۷ سنگ معدن آلومینیم، بوکسیت بوده که نمونه‌ای ناخالص از آلومینیم اکسید است. برای تولید آلومینیم از سنگ معدن، پس از جدا کردن ناخالصی‌ها از بوکسیت، آلومینیم اکسید خالص را به صورت مذاب در آورده و در یک سلول الکترولیتی به نام سلول هال، برقکافت می‌کنند. ساختار این سلول به صورت زیر است:



الکترودهای سلول هال از جنس گرافیت هستند. الکترودهای مثبت یا همان آند، درون الکترولیت و الکترود منفی یا همان کاتد، همانند سلول برقکافت منیزیم کلرید مذاب، اطراف الکترولیت قرار دارد و ظرف سلول را تشکیل می‌دهند. الکترولیت این سلول آلومینیم اکسید مذاب است. نیم‌واکنش‌های انجام‌گرفته در این سلول، به صورت زیر است:

$$\text{کاتد}: Al^{3+}(l) + 3e^- \longrightarrow Al(l) \qquad \text{آند}: C(s) + 2O^{2-}(l) \longrightarrow CO_2(g) + 4e^-$$

چگالی فلز آلومینیم مذاب تولیدشده در این فرایند، از چگالی آلومینیم اکسید مذاب بیشتر بوده و به همین علت، در پایین الکترولیت قرار گرفته و از سلول خارج می‌شود. عبارت‌های (آ)، (ب) و (ت) در مورد این فرایند درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در این واکنش، الکترود گرافیتی آند در واکنش اکسایش شرکت کرده و اکسید می‌شود. اما الکترود کاتد، تنها محلی برای انجام نیم‌واکنش کاهش یون آلومینیم است. بنابراین بعد از مدتی الکترود موجود در آند مصرف‌شده و باید تعویض گردد اما نیازی به تعویض الکترود کاتد نخواهد بود.

ب: در این فرایند با مصرف انرژی الکتریکی، واکنشی غیرخودبه‌خودی انجام می‌شود. همچنین در واکنش استخراج فلز آهن از سنگ معدن به کمک کربن که واکنش آن به صورت زیر است، انرژی مصرف می‌شود که از سوختن زغال کک تامین می‌شود.

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

پ: معادله کلی فرایند هال به صورت زیر است:

$$2Al_2O_3(l) + 3C(s) \longrightarrow 4Al(l) + 3CO_2(g)$$

در این فرایند عدد اکسایش آلومینیم از ۳+ در آلومینیم اکسید به صفر در فلز آلومینیم می‌رسد و این فلز، نقش اکسنده را ایفا می‌کند. همچنین در این واکنش عدد اکسایش کربن از صفر در عنصر کربن به ۴+ تبدیل شده و اکسایش می‌یابد؛ بنابراین در این واکنش اکسنده یون آلومینیم و کاهنده اتم کربن است.

ت: فلز به کاررفته در ساخت بدنه دوچرخه، تیتانیم بوده که در برابر خوردگی مقاوم است. فراورده فرایند هال، فلز آلومینیم است که در برابر خوردگی مقاوم بوده و به همین علت در ساخت قطعات فلزی در ارتباط با آب و اکسیژن مانند لوازم خانگی(مثل چرخ گوشت) و قطعات هواپیما، خودرو و کشتی به کار می‌رود. آلومینیم فلزی فعال بوده و لایه رویی آن به سرعت با اکسیژن هوا واکنش داده و لایه چسبنده و متراکم از آلومینیم اکسید ایجاد می‌کند. این لایه فرو نمی‌ریزد و اجازه تماس آب و اکسیژن را به لایه‌های زیرین خود نمی‌دهد.

ث: فلز حاصل از فرایند هال، آلومینیم مذاب است. عدد اتمی فلز آلومینیم برابر با ۱۳ بوده و آرایش الکترونی اتم از این عنصر، به زیرلایه $3p$ ختم می‌شود. عدد کوانتومی فرعی این زیرلایه برابر با ۱ است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۸۸ واکنش انجام شده در این سلول به صورت زیر است:

$$Mg(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Zn(s)$$

در این واکنش شیمیایی به ازای تولید هر مول Zn، مقدار ۲ مول الکترون بین گونه‌های کاهنده و اکسنده مبادله شده است. طبق فرض سوال، در هر ثانیه تعداد $24/08 \times 10^{21}$ الکترون(معادل با ۰/۰۴ مول الکترون) از سیم(مدار خارجی) عبور می‌کند؛ درنتیجه در مدت زمان ۳۰ دقیقه(۱۸۰۰ ثانیه)، ۷۲ مول الکترون از آند به کاتد جریان داشته است. یون‌های Zn^{2+} با تبدیل شدن به اتم‌های Zn بر روی کاتد رسوب می‌کنند. اگر فرض کنیم کل(۱۰۰ درصد) این یون‌ها کاهش پیدا کنند، تغییر جرم تیغه کاتدی برابر است با:

$$?\,g\ Zn = 72\ mol\ e \times \frac{1\ mol\ Zn}{2\ mol\ e} \times \frac{65\ g\ Zn}{1\ mol\ Zn} = 2340\ g$$

اگر کل یون‌های روی به اتم روی تبدیل شوند و بر روی کاتد رسوب کنند، ۲۳۴۰ گرم به جرم تیغه کاتدی افزوده می‌شود؛ ولی طبق فرض سوال ۷۰ درصد از یون‌ها با تبدیل شدن به اتم روی بر روی کاتد رسوب کرده‌اند؛ درنتیجه ۱۶۳۸ گرم($\frac{70}{100} \times 2340$) رسوب بر روی تیغه کاتدی ایجاد شده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۸۹ رایج‌ترین سلول سوختی، سلول سوختی هیدروژن–اکسیژن است. در این سلول سوختی که نوعی سلول گالوانی به حساب می‌آید، گازهای هیدروژن و اکسیژن به صورت کنترل شده به ترتیب وارد آند(قطب منفی) و کاتد(قطب مثبت) می‌شوند تا با هم واکنش داده و بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی آن‌ها به انرژی الکتریکی تبدیل شود. گاز خروجی از آند، گاز هیدروژن مصرف نشده بوده و گاز خروجی از کاتد، بخار آب تولید شده در سلول است. بر این اساس، فقط عبارت (پ) درست است.

بررسی سایر موارد:

آ: واکنش مربوط به سلول گالوانی $Mg-SHE$ به صورت $Mg(s)+2H^+(aq)\rightarrow Mg^{2+}(aq)+H_2(g)$ بوده و با توجه به واکنش، گاز هیدروژن در این سلول گالوانی تولید می‌شود. واکنش مربوط به سلول سوختی هیدروژن–اکسیژن به صورت $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$ است. بر اساس این واکنش، گاز هیدروژن در بخش آندی سلول اکسایش یافته و مصرف می‌شود.

ب: بخار آب(H_2O)، گازی است که از بخش کاتدی سلول خارج شده و مولکولی قطبی به حساب می‌آید. گاز ورودی به آند، گاز هیدروژن است. در شرایط یکسان نسبت چگالی دو گاز با نسبت جرم مولی آن‌ها برابر است. بر این اساس، می‌توان نوشت:

$$\frac{\text{چگالی بخار آب}}{\text{چگالی گاز هیدروژن}}=\frac{\text{جرم مولی بخار آب}}{\text{جرم مولی گاز هیدروژن}}\Rightarrow\frac{\text{چگالی بخار آب}}{\text{چگالی گاز هیدروژن}}=\frac{18}{2}=9$$

با توجه به محاسبات بالا، مقدار نسبت خواسته شده برابر با ۹ است.

پ: غشای مبادله کننده سلول، همان غشای مبادله کننده پروتون(H^+) است. جرم هر پروتون با جرم هر نوترون(ذره زیراتمی بدون بار) به تقریب یکسان بوده و برابر با $1\ amu$ است. جرم هر الکترون ناچیز بوده و به تقریب برابر با $\frac{1}{2000}\ amu$ است.

ت: واکنش‌های انجام شده در همه سلول‌های گالوانی از جمله سلول‌های سوختی، گرماده است. یکی از راه‌های به دست آوردن آنتالپی واکنش، استفاده از آنتالپی پیوند بوده و فرمول آن به صورت زیر است:

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=\left[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در فراورده}\right]-\left[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده}\right]$$

در این معادله اگر مجموع آنتالپی پیوندها در فراورده، بیشتر از مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده باشد، مقدار آنتالپی منفی بوده و نشان‌دهنده واکنش گرماده($\Delta H<0$) است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۹۰ 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، سرعت خورده شده آهن در محیط اسیدی بیشتر از محیط خنثی است. همچنین با روکش‌دار کردن آهن به وسیله فلزهایی با E° مثبت‌تر نسبت به آهن(مثل روکش‌دار کردن فلز آهن با مس، نقره، قلع و ...)، سرعت خورده شدن آهن افزایش می‌یابد، چون در این موارد آهن به عنوان آند عمل کرده و روکش آن با ایجاد بستری برای انتقال الکترون، سرعت خورده شدن را افزایش می‌دهد. در نقطه مقابل، توجه داریم که روکش‌دار کردن آهن به وسیله فلزهایی با E° منفی‌تر از آهن، از خوردگی این فلز جلوگیری می‌کند. سرعت خورده شدن آهن در ظرف شماره ۲، بیشتر از ظرف شماره یک است. در هر دو ظرف محیط اسیدی بوده و اسید موجود در آن‌ها نیز یکسان است، ولی در ظرف ۲، فلز آهن با مس روکش‌دار شده است. چون پتانسیل کاهشی مس بیشتر از آهن است، درنتیجه بعد از خراش، مس به عنوان کاتد عمل کرده و سرعت خوردگی آهن را افزایش می‌دهد. سرعت و شدت خورده شدن آهن در ظرف شمار ۳ از همه موارد کمتر است، چون از آهن حفاظت کاتدی به عمل آمده و محیط آن نیز اسیدی نیست. در ظرف شماره ۳، سطح آهن با فلز منیزیم پوشانده شده است. چون پتانسل کاهشی منیزیم، منفی‌تر از آهن است؛ درنتیجه بعد از خراش، منیزیم خود را فدای آهن کرده و به جای آهن خورده می‌شود. سرعت خورده شدن آهن در ظرف شماره یک، بیشتر از ظرف شماره چهار است. در این دو ظرف، آهن خالص وجود دارد و با هیچ فلزی پوشانده نشده است، ولی در ظرف شماره یک، پروپانوئیک اسید و در ظرف شماره چهار، بوتانوئیک اسید وجود دارد. کربوکسیلیک اسیدها، اسیدهای آلی و ضعیف هستند و هرچه شمار اتم‌های کربن در آن‌ها افزایش یابد، قدرت اسیدی آن‌ها کاهش می‌یابد؛ درنتیجه پروپانوئیک اسید، اسید قوی‌تری نسبت به بوتانوئیک اسید بوده؛ درنتیجه سرعت خورده شدن آهن در ظرف یک، بیشتر از ظرف چهار است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۹۱ واکنش برقکافت سدیم کلرید مذاب و منیزیم کلرید مذاب به صورت زیر است:

$$۲NaCl(l) \rightarrow ۲Na^{+}(l) + Cl_{۲}(g) \qquad \text{و} \qquad MgCl_{۲}(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_{۲}(g)$$

اگر مول‌های سدیم کلرید و منیزیم کلرید مذاب مصرف شده برابر با x مول باشد، در واکنش برقکافت سدیم کلرید مذاب، $\frac{x}{۲}$ مول گاز کلر و در واکنش برقکافت منیزیم کلرید مذاب نیز x مول گاز کلر تولید خواهد شد. بر این اساس، شمار مول گاز کلر تولید شده در واکنش برابر با $۱/۵x$ مول خواهد بود. قبل از اضافه کردن گاز کلر به ظرف حاوی گاز هلیم، ۲ مول هلیم در ظرف وجود داشته و پس از اضافه کردن گاز کلر به ظرف، شمار مول‌های گازی برابر با $۲ + ۱/۵x$ خواهد بود. دما ثابت بوده و ظرف سربسته است(حجم ثابت است)؛ درنتیجه بر اساس قانون گازها، داریم:

$$\underbrace{\frac{P_{۱}V_{۱}}{n_{۱}T_{۱}}}_{\text{حالت اولیه}} = \underbrace{\frac{P_{۲}V_{۲}}{n_{۲}T_{۲}}}_{\text{حالت ثانویه}} \Rightarrow \frac{P_{۱}}{۲} = \frac{۲/۵P_{۱}}{۲ + ۱/۵x} \Rightarrow x = ۲\ mol$$

شمار مول‌های هر یک از مواد منیزیم کلرید و سدیم کلرید مذاب برابر با ۲ مول است. در جدول تناوبی عناصر از چپ به راست در طول یک دوره، شعاع اتمی کاهش می‌یابد. هر دو عنصر منیزیم و سدیم در دوره سوم جدول هستند و منیزیم در سمت راست عنصر سدیم قرار دارد؛ درنتیجه شعاع اتمی عنصر منیزیم کمتر از سدیم است. جرم منیزیم تولید شده، برابر است با:

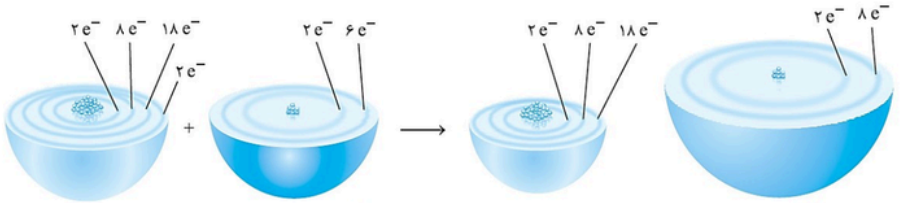
$$?\ g\ Mg = ۲\ mol\ MgCl_{۲} \times \frac{۱\ mol\ Mg}{۱\ mol\ MgCl_{۲}} \times \frac{۲۴\ g\ Mg}{۱\ mol\ Mg} = ۴۸\ g$$

با توجه به محاسبات بالا، جرم منیزیم تولید شده برابر با ۴۸ گرم است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۲ اغلب فلزها، در واکنش با نافلزها تمایل دارند یک یا چند الکترون از دست داده و اکسید شوند. اکسیژن یکی از نافلزهای فعال است که به عنوان اکسنده با اغلب فلزها واکنش می‌دهد. توجه داریم که اکسیژن با برخی فلزها مانند طلا و پلاتین که پتانسیل کاهشی استاندارد بسیار بالا و واکنش‌پذیری کمی دارند، واکنش نمی‌دهد در حالی که با سایر فلزها از جمله روی و آهن وارد واکنش می‌شود. برای مثال، واکنش میان فلز روی و گاز اکسیژن به صورت زیر است:

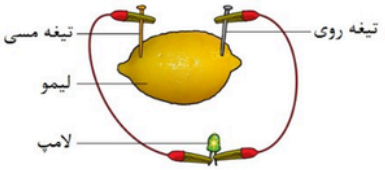


نیم‌واکنش اکسایش : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(s) + 2e^-$ نیم‌واکنش کاهش : $O_2(g) + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}(s)$

گونه‌ی کاهنده، گونه‌ای است که اکسایش یافته و سبب کاهش سایر گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش می‌شود. برای مثال، در این واکنش فلز روی در نقش عامل کاهنده است. هر اتم روی دو الکترون از زیرلایه‌ی $4s$ از دست داده و به یون روی تبدیل می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ عناصر فلزی در حالت آزاد، محتوای مقداری انرژی بوده و یکی از راه‌های بهره‌گیری از این انرژی ذخیره شده، اتصال فلزها در شرایط مناسب به یکدیگر است. برای نمونه، با استفاده از یک تیغه مسی و تیغه‌ای دیگر مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو، می‌توان نوعی باتری ساده(باتری لیمویی) ساخت و به کمک آن یک لامپ را روشن کرد. در واقع، باتری لیمویی نوع ساده‌ای از یک سلول گالوانی است که با فروبردن یک تیغه از جنس فلز مس و یک تیغه از جنس فلز روی در یک لیمو ساخته می‌شود. به کمک این نوع باتری می‌توان یک لامپ LED را روشن کرد. تصویر زیر، نمایی از این نوع باتری را نشان می‌دهد:



همانطور که مشخص است، لیمو در نقش الکترولیت بوده و باعث برقراری جریان الکتریکی در مدار خارجی این سلول می‌شود.

۲ دانش الکتروشیمی علاوه بر تهیه مواد جدید و تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز برای صنایع، می‌تواند در راستای پیاده‌کردن اصول شیمی سبز نیز گام بردارد. برخی از قلمروهای علم الکتروشیمی به شرح زیر هستند:

✓ تأمین انرژی ← به کمک باتری‌ها و سلول‌های سوختی ✓ تولید مواد ← با استفاده از فرایندهای برقکافت و آبکاری

✓ اندازه‌گیری و کنترل کیفی ← با استفاده از دستگاه pHسنج دیجیتال

۳ چراغ خورشیدی، یک ابزار روشنایی است که از لامپ LED، سلول خورشیدی و باتری قابل شارژ تشکیل شده است. تصویر زیر، نمونه‌ای از این چراغ‌ها را نشان می‌دهد:

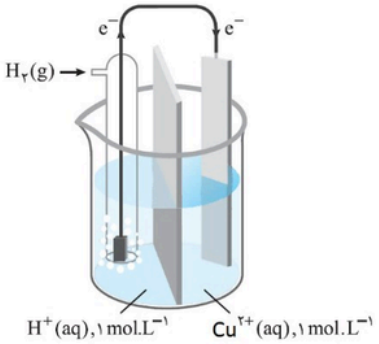


سلول خورشیدی به کار رفته در این چراغ‌ها، در طول روز با استفاده از انرژی خورشید، باتری را شارژ می‌کند. در طول شب، چراغ با استفاده از باتری روشن شده و محیط را نورانی می‌کند. توجه داریم که در باتری‌های قابل شارژ، واکنش‌های شیمیایی برگشت‌پذیر انجام شده و علاوه بر این، عنصر سیلیسیم نیز عنصر اصلی سازندهٔ سلول‌های خورشیدی به کار رفته در این چراغ‌ها است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۳ پتانسیل کاهشی استاندارد عناصر مس و هیدروژن، به ترتیب برابر با ۰/۳۴+ و صفر ولت است، پس اگر نیم‌سلول‌های استاندارد مس و هیدروژن را به یکدیگر متصل کنیم، سلولی بدست می‌آید که در آن، فلز مس در نقش کاتد بوده و نیم‌سلول هیدروژن نیز در نقش آند است. تصویر زیر، نمایی از این سلول گالوانی را نشان می‌دهد:



با کار کردن سلول مورد نظر، نیم‌واکنش کاهش یون‌های مس در سطح تیغه مسی انجام شده و جرم این تیغه افزایش پیدا می‌کند. در نیم‌سلول هیدروژن نیز نیم‌واکنش اکسایش هیدروژن انجام شده گاز هیدروژن مصرف می‌شود. توجه داریم که جرم الکترود پلاتینی موجود در نیم‌سلول هیدروژن، با گذشت زمان تغییری نمی‌کند چرا که فلز سازنده این نیم‌سلول اصلا در واکنش اکسایش-کاهش کلی سلول شرکت نمی‌کند. با توجه به توضیحات داده شده، اگر جرم اولیه تیغه مسی کمتر از جرم الکترود پلاتینی موجود در SHE باشد، با گذشت زمان تفاوت جرم دو تیغه کاهش پیدا می‌کند اما اگر جرم اولیه تیغه مسی بیشتر از جرم الکترود پلاتینی موجود در SHE باشد، با گذشت زمان تفاوت جرم دو تیغه افزایش پیدا می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) در اطراف آند، نیم واکنش اکسایش هیدروژن انجام شده و طی آن گاز هیدروژن مصرف می‌شود. معادله این نیم‌واکنش به صورت زیر است:

$$\text{نیم واکنش آندی (اکسایش)}: H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$$

به علت تولید یون هیدروژن در این نیم‌واکنش، مقدار pH محلول در اطراف آند کاهش پیدا می‌کند. با کاهش مقدار pH محلول، غلظت یون هیدروکسید در این محلول کاهش پیدا خواهد کرد.

(۲) همانطور که گفتیم، چون فلز مس پتانسیل کاهشی استاندارد بیشتری دارد، نیم‌سلول مس کاتد این سلول را تشکیل می‌دهد. از آنجا که برای اندازه‌گیری پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلول‌های مختلف، باید این نیم‌سلول‌ها را به نیم‌سلول استاندارد هیدروژن متصل کرده و اختلاف پتانسیل ایجاد شده را محاسبه کنیم، پس می‌توان گفت از این سلول، می‌توان برای اندازه‌گیری E° مس استفاده کرد.

(۴) با کار کردن سلول، آنیون‌های موجود در نیم‌سلول مس(نیم‌سلول کاتدی)، از خلال دیواره متخلخل، به سمت نیم‌سلول هیدروژن(نیم‌سلول آندی) می‌روند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۴ در فرایند هال، بدنه گرافیتی ظرف در نقش کاتد بوده و تیغه‌های گرافیتی قرار گرفته در محلول الکترولیت نیز در نقش آند هستند. در این فرایند، نیم‌واکنش مقابل در مجاورت با آند انجام می‌شود:

$$2O^{2-}(l) \rightarrow O_2(g) + 4e^-$$

گاز اکسیژن تولید شده در نیم‌واکنش آندی، با گرافیت موجود در آند بر اساس معادله مقابل واکنش می‌دهد:

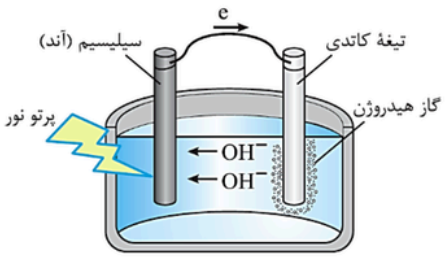
$$C\left(s, \text{گرافیت}\right) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

همانطور که مشخص است، در این سلول تیغه آندی به عنوان واکنش‌دهنده مصرف می‌شود و به مرور زمان از جرم آن کاسته می‌شود در حالی که بدنه گرافیتی ظرف در واکنش شرکت نکرده و بدون تغییر باقی می‌ماند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲ 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 تولیدشده لایه‌ای چسبنده و متراکم را در سطح فلز باقی‌مانده ایجاد می‌کند که باعث جلوگیری از نفوذ اکسیژن و رطوبت به لایه‌های زیرین شده و از زنگ‌زدن لایه‌های درونی آلومینیم جلوگیری می‌کند. از چنین فلزهایی می‌توان برای ساختن وسایل گوناگونی بهره برد که برای مدت طولانی‌تری استحکام خود را حفظ می‌کنند. به عنوان مثال، از آلومینیم در ساخت لوازم خانگی، هواپیما، کشتی و ... استفاده می‌شود. بر این اساس، آلومینیم نقش کلیدی در صنایع گوناگون دارد و فناوری تولید آن بسیار ارزشمند است.

۳ تصویر زیر، نمایی از سلول نورالکتروشیمیایی استفاده شده برای تجزیه‌ی آب و تولید گاز هیدروژن را نشان می‌دهد:



نیم‌واکنش آندی: $Si(s) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 4H^+(aq) + 4e^-, \; E^\circ = -0/84\ V$

نیم‌واکنش کاتدی: $4H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 2H_2(g) + 4OH^-(aq), \; E^\circ = -0/83\ V$

واکنش کلی: $Si(s) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 2H_2(g) \quad , \quad emf = 0/01\ V$

در واکنش کلی انجام شده در این سلول، سیلیسیم به عنوان گونه‌ی کاهنده(گونه‌ای که اکسید می‌شود) و آب نیز به عنوان گونه‌ی اکسنده(گونه‌ای که کاهش پیدا می‌کند) مصرف می‌شوند. توجه داریم که واکنش این سلول با استفاده از یک منبع نور خارجی انجام می‌شود. در سلول‌های الکترولیتی همانند سلول استفاده شده برای انجام فرایند هال نیز یک واکنش شیمیایی با استفاده از یک مولد الکتریکی و در خلاف جهت طبیعی به پیش رانده می‌شود.

۴ فلز حاصل از فرایند هال، آلومینیم مذاب است. چون آلومینیم مذاب نسبت به الکترولیت موجود در سلول هال چگالی بیشتری دارد، در کف ظرف ته‌نشین شده و از مجرای پایین ظرف خارج می‌شود. عدد اتمی فلز آلومینیم برابر با ۱۳ بوده در آرایش الکترونی هر اتم از این عنصر، ۴ زیرلایه پر از الکترون(زیرلایه‌های $1s$، $2s$، $2p$ و $3s$) وجود دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۵ واکنش موازنه‌نشده سوختن هیدروکربن‌ها به صورت زیر است:

$$C_nH_m + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

در این فرایند اتم‌های کربن اکسایش یافته و اتم‌های اکسیژن کاهش می‌یابند. بر این اساس، می‌توان گفت تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر مقدار الکترون مبادله‌شده بین این دو گونه است. پس از مشخص کردن تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن در هر گزینه، مقدار الکترون مبادله‌شده را در تولید یک مول کربن دی‌اکسید بدست می‌آوریم. دقت داریم که عدد اکسایش کربن در ساختار فراورده، برابر ۴+ است.

بررسی گزینه‌ها:

۱ مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در هگزان(C_6H_{14}) برابر ۱۴- است و به ازای سوختن هر مول از آن ۶ مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. پس تغییر عدد اکسایش ۶ اتم کربن برابر $۴ \times ۶ - (-۱۴) = ۳۸$ واحد است. بر این اساس، داریم:

$$?\,mol\,e^- = ۱\,mol\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,C_6H_{14}}{۶\,mol\,CO_2} \times \frac{۳۸\,mol\,e^-}{۱\,mol\,C_6H_{14}} \simeq ۶/۳\,mol$$

۲ مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در بنزن(C_6H_6) برابر ۶- است و به ازای سوختن هر مول از آن ۶ مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. پس تغییر عدد اکسایش ۶ اتم کربن برابر $۴ \times ۶ - (-۶) = ۳۰$ واحد است. بر این اساس، داریم:

$$?\,mol\,e^- = ۱\,mol\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,C_6H_6}{۶\,mol\,CO_2} \times \frac{۳۰\,mol\,e^-}{۱\,mol\,C_6H_6} = ۵\,mol$$

۳ مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در ۲-بوتن(C_4H_8) برابر ۸- است و به ازای سوختن هر مول از آن ۴ مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. پس تغییر عدد اکسایش ۴ اتم کربن برابر $۴ \times ۴ - (-۸) = ۲۴$ واحد است. بر این اساس، داریم:

$$?\,mol\,e^- = ۱\,mol\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,C_4H_8}{۴\,mol\,CO_2} \times \frac{۲۴\,mol\,e^-}{۱\,mol\,C_4H_8} = ۶\,mol$$

۴ مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در ۱-پنتین(C_5H_8) برابر ۸- است و به ازای سوختن هر مول از آن ۵ مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. پس تغییر عدد اکسایش ۵ اتم کربن برابر $۴ \times ۵ - (-۸) = ۲۸$ واحد است. بر این اساس، داریم:

$$?\,mol\,e^- = ۱\,mol\,CO_2 \times \frac{۱\,mol\,C_5H_8}{۵\,mol\,CO_2} \times \frac{۲۸\,mol\,e^-}{۱\,mol\,C_5H_8} = ۵/۶\,mol$$

با توجه به محاسبات انجام شده، شمار الکترون‌های مبادله‌شده میان اکسنده و کاهنده به ازای تولید یک مول کربن دی‌اکسید، در سوختن هگزان بیشتر از سایر مواد مطرح‌شده است. برای حل این سوال، راه‌حل سریع‌تری هم وجود دارد! باتوجه به آن که عدد اکسایش کربن در کربن دی‌اکسید برابر ۴+ است، هر چه عدد اکسایش کربن در ترکیب مورد نظر پایین‌تر، مقدار تفاوت عدد اکسایش اتم کربن در این ترکیب و کربن دی‌اکسید بیشتر خواهد بود و در واکنش سوختن، الکترون بیشتری مبادله می‌گردد. در میان این مواد میانگین عدد اکسایش اتم‌های کربن در هگزان($\frac{-۱۴}{۶}$)، منفی‌تر از بنزن(۱-)، ۲-بوتن(۲-) و ۱-پنتین($\frac{-۸}{۵}$) است، پس بیشترین میزان تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن، در هگزان رخ داده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۶ معادله واکنش رفت و برگشت به صورت زیر است:

رفت : $F_2(g) + 2HCl(g) \longrightarrow Cl_2(g) + 2HF(g)$

برگشت : $Cl_2(g) + 2HF(g) \longrightarrow F_2(g) + 2HCl(g)$

بر این اساس، عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند.

در واکنش‌های اکسایش-کاهش، دو گونه اکسنده و کاهنده وجود دارد. گونه اکسنده، گونه‌ای است که با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد. این گونه با گرفتن الکترون از ماده دیگر موجب اکسایش آن ماده شده و به همین علت به آن اکسنده می‌گویند. این گونه در سمت واکنش‌دهنده‌ها قرار دارد و عدد اکسایش یکی از اتم‌های آن در واکنش کم می‌شود. گونه کاهنده، گونه‌ای است که با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد و چون با تولید الکترون موجب کاهش ماده دیگر می‌شود به آن کاهنده گویند. این گونه نیز در سمت واکنش‌دهنده بوده و عدد اکسایش یکی از اتم‌های آن در واکنش زیاد می‌شود.

بررسی موارد:

آ: در واکنش رفت، عدد اکسایش اتم فلوئور در گاز فلوئور از صفر به ۱- در هیدروژن فلوئورید می‌رسد. پس در این واکنش فلوئور کاهش می‌یابد و نقش اکسنده را ایفا می‌کند. در ساختار لوویس گاز فلوئور، یک پیوند اشتراکی و ۶ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

ب: در واکنش برگشت عدد اکسایش اتم‌های فلوئور یک عدد افزایش می‌یابد. پس هیدروژن فلوئورید در این واکنش اکسایش یافته و کاهنده است. این ماده به هنگام حل‌شدن در آب به صورت جزئی یونش یافته و مقدار کمی یون هیدرونیوم و یون فلوئورید تولید می‌کند. پس هیدروژن فلوئورید برخلاف سایر هیدروژن هالیدها، اسیدی ضعیف به شمار رفته و ثابت یونش کوچکی دارد.

پ: در واکنش رفت، عدد اکسایش اتم کلر از ۱- در هیدروژن کلرید به صفر در گاز کلر می‌رسد. پس در این واکنش گاز هیدروژن کلرید نقش کاهنده را دارد. گاز هیدروژن کلرید در دمای $25^\circ C$ از واکنش گرماده گاز کلر و هیدروژن به آرامی تولید می‌شود.

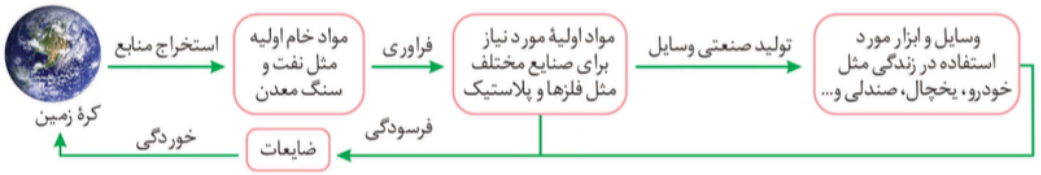
ت: در واکنش برگشت، عدد اکسایش اتم کلر در گاز کلر صفر و در گاز هیدروژن کلرید برابر ۱- است. بنابراین گاز کلر در این واکنش کاهش یافته و نقش اکسنده را دارد. پیوند کووالانسی موجود در HF و Cl_2 هر دو یگانه هستند. چون شعاع اتمی فلوئور و هیدروژن از کلر کمتر است، طول پیوند $H-F$ کمتر بوده و این پیوند قوی‌تر است. به طور کلی قوی‌ترین پیوند یگانه موجود، پیوند $H-F$ بوده و حتی آنتالپی آن بیشتر از پیوند دوگانه $O=O$ می‌باشد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۷ در وسایل فلزی، فلزها به صورت عنصر فلزی وجود دارند که عدد اکسایش فلز در این حالت، برابر با صفر است اما در طبیعت اکثر این فلزها به صورت ترکیب وجود دارند. فلزها در ترکیبات خود عدد اکسایش مثبت دارند. پس در تبدیل وسایل فلزی به سنگ معدن در طبیعت، عدد اکسایش اتم فلز افزایش یافته و ذرات سازنده این عناصر اکسایش می‌یابند. یکی از فرایندهای اصلی تبدیل فلز به سنگ معدن، واکنش خوردگی است که در آن فلز اکسایش می‌یابد.

نمودار زیر، روند کلی تغییر و فراوری منابع مختلف از جمله فلزهایی که از زمین استخراج می‌شوند را نشان می‌دهد:



بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ واکنش فلزها با هیدروکلریک اسید به صورت زیر انجام می‌شود:

$$M + nHCl \longrightarrow MCl_n + \frac{n}{۲}H_۲$$

در این واکنش، فلزهایی که چند ظرفیت مختلف دارند، با کمترین ظرفیت خود در واکنش شرکت می‌کنند. در این واکنش، یون H^+ کاهش‌یافته و فلز اکسایش می‌یابد؛ بنابراین در این فرایند یون کلرید اکسایش یا کاهش نمی‌یابد و در واکنش شرکت نمی‌کند. می‌توان این واکنش را به صورت زیر نوشت:

$$M + nH^+ \longrightarrow M^{n+} + \frac{n}{۲}H_۲$$

۳ معادله واکنش سوختن فلز منیزیم به صورت زیر است:

$$۲Mg(s) + O_۲(g) \longrightarrow ۲MgO(s)$$

در این واکنش، نور خیره‌کننده‌ای تولید می‌شود که در گذشته به عنوان منبع نور در عکاسی استفاده می‌شده است. در این واکنش اکسیژن اکسنده و منیزیم کاهنده است. آرایش الکترونی هر دو یون تولیدشده(یون منیزیم و یون اکسید) مشابه گاز نئون می‌باشد.

۴ فلزهایی که پتانسیل استاندارد کاهشی آن‌ها بیشتر از صفر است، با محلول اسیدها(محلول حاوی یون هیدرونیوم) به طور طبیعی واکنش نمی‌دهند. مس، نقره، پلاتین و طلا در سری الکتروشیمیایی بالاتر از هیدروژن قرار داشته و E° آن‌ها مثبت است. پس این فلزها با یون هیدروژن موجود در محلول اسیدها واکنش نخواهند داد. از میان این ۴ فلز، فلزهای مس و نقره با گاز اکسیژن موجود در هوا واکنش می‌دهند به گونه‌ای که فلز مس زنگار سبزرنگ و فلز نقره اکسید تیره رنگی دارند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۸ پتانسیل کاهشی استاندارد هر چهار فلز مطرح‌شده در عبارت‌ها، کمتر از فلز مس است و بر این اساس در همه عبارت‌ها واکنش میان یون Cu^{2+} و فلزها رخ می‌دهد. در این واکنش‌ها یون مس(II) کاهش یافته و فلز اکسایش می‌یابد. بر این اساس، عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: واکنش فلز روی با این محلول به صورت زیر است:

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$$

در این واکنش، دو الکترون موجود در زیرلایه $4s$ $(n+l=4)$ فلز روی از این اتم جدا شده و یکی در زیرلایه $3d$ $(n+l=5)$ و دیگری در زیرلایه $4s$ یون مس(II) وارد می‌شوند تا اتم مس ایجاد شود. در این فرایند مقدار $n+l$ الکترونی که در زیرلایه $4s$ یون مس(II) می‌نشیند تغییر نمی‌کند؛ اما $n+l$ الکترونی که در زیرلایه $3d$ قرار می‌گیرد، از ۴ به ۵ می‌رسد.

ب: معادله واکنش انجام‌گرفته میان فلز آلومینیم و محلول مس(II) سولفات به صورت زیر است:

$$2Al(s) + 3Cu^{2+}(aq) \longrightarrow 3Cu(s) + 2Al^{3+}(aq)$$

در این واکنش با مصرف سه مول کاتیون مس(II)، دو مول کاتیون آلومینیم تولید می‌شود. پس با انجام این واکنش به مرور زمان مجموع غلظت کاتیون‌های موجود در محلول کاهش می‌یابد.

پ: واکنش‌پذیری تیتانیم بیشتر از آهن بوده و چون واکنش‌پذیری آهن از مس بیشتر است، می‌توان نتیجه گرفت واکنش‌پذیری تیتانیم نیز از مس بیشتر بوده و مقدار E° کاهشی این عنصر فلزی کمتر از مس است. پس در واکنش تیتانیم با یون مس(II)، یون مس کاهش یافته(الکترون می‌گیرد) و نیم واکنش کاهش به صورت زیر انجام می‌شود:

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$$

در این نیم‌واکنش، ضریب الکترون برابر دو است.

ت: واکنش میان فلز آهن و محلول مس(II) سولفات به صورت زیر انجام می‌شود:

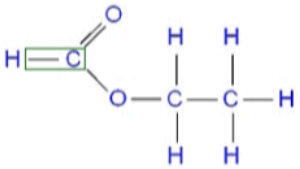
$$Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Cu(s) + Fe^{2+}(aq)$$

در این واکنش آهن اکسیدشده و به یون آهن(II) تبدیل می‌شود. پس در این واکنش آهن کاهنده و یون مس اکسنده است. در این واکنش به ازای مصرف یک مول کاهنده، دو مول الکترون مبادله می‌شود که معادل $1/204 \times 10^{24}$ الکترون است. توجه داریم که رنگ محلول حاوی یون مس(II) آبی است. رنگ محلول تولیدشده در واکنش آخر، سبزرنگ می‌باشد؛ در حالی که محلول‌های تولیدشده در سه عبارت دیگر، شفاف هستند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۹ ساختار اتیل متانوات به صورت زیر است:



اتم کربن گروه استری در اتیل متانوات، ۳ پیوند با اتم‌های اکسیژن داشته که الکترون‌های آن متعلق به اتم اکسیژن است و همچنین یک پیوند با اتم هیدروژن دارد که ۲ الکترون آن متعلق به کربن است، پس عدد اکسایش این کربن برابر ۲+ است. عدد اکسایش فلوئور در تمام ترکیبات آن ۱- است، پس عدد اکسایش اکسیژن در این ترکیب برابر ۲+ است. توجه داریم که اکسیژن در ترکیبات دوتایی با فلوئور مانند OF_2 و O_2F_2 عدد اکسایش مثبت دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) فرمول ساختاری اوزون به صورت زیر است:



عدد اکسایش اتم مرکزی در این ساختار برابر ۱+ است. عدد اکسایش اتم اکسیژن با یک پیوند یگانه برابر ۱- و عدد اکسایش اتم دیگر برابر با صفر است.

۲) عدد اکسایش اتم هیدروژن در همه ترکیب‌ها به جز ترکیب یونی دوتایی با فلزها، ۱+ است. در ترکیب دوتایی با فلزها، عدد اکسایش یون هیدروژن برابر ۱- است.

۳) عدد اکسایش اتم منگنز در پتاسیم پرمنگنات($KMnO_4$) برابر ۷+ است. عدد اکسایش هیدروژن و اکسیژن در ساختار $HClO_3$ به ترتیب برابر ۱+ و ۲- است. پس برای آن که مجموع عدد اکسایش اتم‌ها در $HClO_3$ برابر با صفر شود، عدد اکسایش کلر باید ۵+ باشد.

۴) دو خانواده آلدهید و کتون در مواد آلی، حاوی گروه عاملی کربونیل هستند. ساده‌ترین آلدهید، یک کربن و ساده‌ترین کتون(استون) سه کربن در ساختار خود دارند؛ پس ساده‌ترین ماده آلی حاوی گروه کربونیل، اولین عضو آلدهیدها یعنی CH_2O است. با توجه به عدد اکسایش هیدروژن(۱+) و اکسیژن (۲-)، عدد اکسایش کربن در این ماده برابر با صفر است. در یون‌های تک‌اتمی، بار الکتریکی یون برابر با عدد اکسایش آن یون است. پس عدد اکسایش یون اکسید(O^{2-}) برابر ۲- است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۰۰ 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 یا چند ماده خواهند شد. در واقع در این سلول‌ها انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی نهفته در ماده تولیدشده 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، تولید سدیم و منیزیم)، تولید گاز هیدروژن(سلول برقکافت آب) و آبکاری استفاده می‌شود. جدول زیر سلول الکترولیتی و گالوانی را با یکدیگر مقایسه می‌کند:

	سلول گالوانی	سلول الکترولیتی
emf سلول	مثبت (واکنش خود به خودی)	منفی (واکنش غیر خود به خودی)
نیم واکنش آندی	اکسایش	اکسایش
نیم واکنش کاتدی	کاهش	کاهش
قطب مثبت	کاتد(محل کاهش)	آند(محل اکسایش)
قطب منفی	آند(محل اکسایش)	کاتد(محل کاهش)
جهت حرکت الکترون در مدار خارجی	از قطب منفی به قطب مثبت (از آند به کاتد)	از قطب مثبت به قطب منفی (از آند به کاتد)
جهت حرکت کاتیون	به سمت کاتد(قطب مثبت)	به سمت کاتد(قطب منفی)
جهت حرکت آنیون	به سمت آند(قطب منفی)	به سمت آند(قطب مثبت)
وجود دیواره متخلخل	لازم	غیرضروری
علامت آنتالپی	منفی	مثبت

واکنش‌های انجام‌گرفته در سلول‌های گالوانی گرماده بوده و با کاهش سطح انرژی مواد و پایدارتر شدن آن‌ها همراه است. واکنش‌های رخداده در سلول‌های الکترولیتی قرینه واکنش‌های سلول‌های گالوانی بوده و گرماگیر هستند. پس فراورده‌های سلول الکترولیتی سطح انرژی بالاتری نسبت به واکنش‌دهنده‌ها دارند و ناپایدارتر هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) اغلب الکترودهای به کاررفته در سلول‌های الکترولیتی از جنس گرافیت هستند. البته، مورد استثنا برای این قضیه، برخی از سلول‌ها مثل سلول آبکاری است. توجه داریم که اکثر الکترودهای به کاررفته در سلول‌های گالوانی از جنس فلزهای شرکت‌کننده در واکنش هستند. البته، در نیم‌سلول SHE و سلول‌های سوختی، این قاعده صدق نمی‌کند.

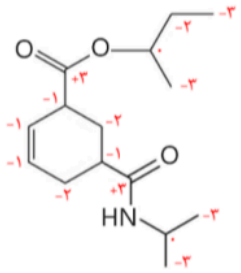
۲) الکترود منفی در سلول‌های الکترولیتی، کاتد است. در سلول‌های الکتروشیمیایی، در الکترولیت، آنیون‌ها به سمت آند و کاتیون‌ها به سمت کاتد پیش می‌روند. پس غلظت آنیون اطراف کاتد کاهش و اطراف آند افزایش خواهد یافت.

۳) در سلول‌های الکتروشیمیایی(یعنی هم گالوانی و هم الکترولیتی)، کاتد محل انجام نیم‌واکنش کاهش است. در نیم‌واکنش کاهش الکترون مصرف‌شده و در سمت واکنش‌دهنده‌ها یعنی سمت چپ قرار دارد.

(مار ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۰۱ عدد اکسایش اتم‌های کربن در این ترکیب به صورت زیر مشخص شده‌اند:



در رابطه با ترکیب داده شده، عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در این ماده عدد اکسایش ۴ اتم کربن برابر ۱- است.

ب: در سوختن ناقص مواد آلی، گاز کربن مونوکسید تولید می‌شود که عدد اکسایش کربن در آن ۲+ و عدد اکسایش اکسیژن نیز در آن برابر با ۲- است. عدد اکسایش دو اتم کربن در این ماده برابر با ۳+ بوده و با تبدیل شدن به کربن مونوکسید، عدد اکسایش آن‌ها کم‌شده و کاهش می‌یابد. سایر اتم‌های کربن موجود در این ماده، با تبدیل شدن به گاز کربن مونوکسید، اکسایش پیدا می‌کنند.

پ: در ساختار این ماده دو گروه عاملی کربوکسیلی و آمیدی دیده می‌شود که عدد اکسایش کربن موجود در آن‌ها با یکدیگر برابر و مساوی ۳+ است.

ت: به هنگام سوختن کامل یک ماده آلی، کربن‌های موجود در آن به گاز کربن دی‌اکسید منتقل می‌شوند. عدد اکسایش اتم کربن در کربن دی‌اکسید برابر ۴+ بوده و چون ۱۵ اتم کربن در ساختار این ماده وجود دارد، مجموع عدد اکسایش در آن برابر ۶۰+ خواهد شد. از طرفی مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در این ماده برابر ۱۶- بوده و عدد اکسایش اتم‌های کربن در این واکنش در مجموع ۷۶ عدد تغییر می‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۰۲ فلزهایی که پتانسیل استاندارد کاهشی آن‌ها مثبت است، با یون هیدروژن موجود در محلول اسیدها واکنش نمی‌دهند. زیرا قدرت اکسندگی یون H^+ از کاتیون آن فلزها کمتر بوده و یون H^+ نمی‌تواند موجب اکسایش این فلزها شود. چهار فلزی که در کتاب درسی E° مثبت دارند و با اسیدها واکنش نمی‌دهند، معادل با مس، نقره، پلاتین و طلا هستند. پس در این آلیاژ تنها آلومینیم با اسید واکنش می‌دهد که معادله واکنش آن به صورت زیر است:

$$۲Al(s) + ۶H^+(aq) \longrightarrow ۲Al^{۳+}(aq) + ۳H_۲(g)$$

بر این اساس جرم آلومینیمی که در این واکنش مصرف‌شده را حساب می‌کنیم:

$$?\,g\,Al = ۷\,L\,H_۲ \times \frac{۰/۱۶\,g\,H_۲}{۱\,L\,H_۲} \times \frac{۱\,mol\,H_۲}{۲\,g\,H_۲} \times \frac{۲\,mol\,Al}{۳\,mol\,H_۲} \times \frac{۲۷\,g\,Al}{۱\,mol\,Al} = ۱۰/۰۸\,g$$

حال درصد جرمی آلومینیم را در این آلیاژ بدست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی } Al = \frac{\text{جرم } Al}{\text{جرم کل}} \times ۱۰۰ \Rightarrow A = \frac{۱۰/۰۸}{۱۶} \times ۱۰۰ = \text{درصد } ۶۳$$

درصد جرمی آلومینیم ۶۳ درصد و در نتیجه درصد جرمی مس برابر با ۳۷ درصد است. تفاوت این دو برابر ۲۶ درصد می‌باشد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۰۳ به علت آن که در این سلول انرژی الکتریکی تولید می‌شود(با توجه به روشن‌شدن چراغ)، می‌توان گفت این سلول الکتروشیمیایی، از نوع گالوانی است. پتانسیل کاهشی استاندارد نقره مثبت و پتانسیل کاهشی استاندارد روی منفی می‌باشد. پس در این سلول گالوانی، نیم‌سلول روی آند و نیم‌سلول نقره کاتد است. نیم‌واکنش‌ها و واکنش انجام‌شده در این سلول، به صورت زیر هستند:

نیم‌واکنش آندی : $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاتدی : $Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$

واکنش کلی : $Zn(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow 2Ag(s) + Zn^{2+}(aq)$

در این سلول به ازای تولید هر مول یون روی، دو مول یون نقره مصرف می‌شود. پس شیب نمودار تغییر غلظت بر حسب زمان(یا همان سرعت) برای یون نقره دو برابر یون روی خواهد بود. در واقع اگر غلظت یون روی در نمودار به اندازه x مول بر لیتر افزایش یافته است، غلظت یون نقره باید متناسب با ضریب استوکیومتری آن در معادله واکنش و به اندازه $2x$ مول بر لیتر کاهش پیدا کند. این در حالی است که در نمودار داده شده در صورت سوال، میزان تغییر غلظت دو کاتیون با هم برابر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) مقدار emf سلول‌های الکتروشیمیایی به پتانسیل کاهشی نیم‌سلول‌ها بستگی دارد. پتانسیل کاهشی نیم‌سلول‌ها به غلظت کاتیون موجود در محلول، جنس تیغه و دما بستگی دارد. با انجام واکنش شیمیایی در سلول مورد نظر، غلظت کاتیون‌ها به مرور تغییر کرده و به دنبال آن پتانسیل نیم‌سلول و emf سلول تغییر خواهد کرد.

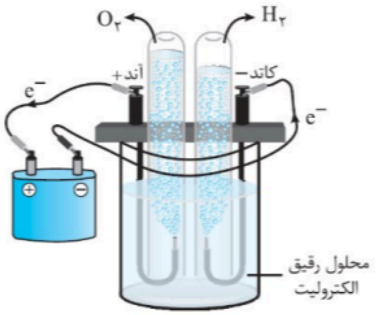
۳) جهت حرکت الکترون در سیم(مدار خارجی) از سمت آند به کاتد و جهت حرکت کاتیون‌ها در دیواره متخلخل از سمت آند به کاتد است؛ پس جهت این دو انتقال مشابه یکدیگر است.

۴) در سلول‌های گالوانی آنیون‌ها در دیواره متخلخل از نیم‌سلول کاتدی به سمت نیم‌سلول آندی(در این جا، فلز روی) پیش می‌روند. توجه داریم، واکنش‌های الکتروشیمیایی که به طور طبیعی انجام می‌شوند(مانند واکنش‌های سلول‌های گالوانی) گرماده هستند و با آزادکردن گرما همراه هستند. چون بازده سلول گالوانی در تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی برابر با ۱۰۰٪ نیست، پس می‌توان گفت گرمای آزادشده در این واکنش موجب افزایش دمای محلول‌های موجود در سلول نیز می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۰۴ ساختار سلول برقکافت آب به صورت زیر است:



در رابطه با این سلول، عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در سلول‌های الکترولیتی، قطب مثبت آند و قطب منفی، کاتد است. پس گازهای تولیدشده در قطب مثبت و منفی به ترتیب اکسیژن و هیدروژن هستند. معادله این واکنش به صورت $2H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ بوده و بر اساس آن حجم گاز اکسیژن تولیدشده در آند نصف حجم گاز هیدروژن تولیدشده در سمت کاتد است.

ب: به علت آن که آب خالص رسانایی الکتریکی اندکی دارد، پس برای برقکافت آب باید در آن اندکی الکترولیت حل کرد. در سلول برقکافت سدیم کلرید مذاب، برای کاهش نقطه ذوب سدیم کلرید به آن کلسیم کلرید اضافه می‌شود. پس الکترولیت به کاررفته در هر دو سلول برقکافت خالص نبوده و مخلوط هستند.

پ: در همه سلول‌های الکتروشیمیایی(چه الکترولیتی و چه گالوانی)، الکترون در سمت آند(محل اکسایش) تولید و از طریق سیم به طرف کاتد رفته و در آن الکترود(محل کاهش) مصرف می‌شود.

ت: در نیم‌واکنش آندی، به ازای مصرف دو مول آب، ۴ مول الکترون تولید می‌شود. در نیم واکنش کاتدی این ۴ مول الکترون با ۴ مول آب واکنش خواهد داد. بر این اساس، می‌توان گفت مقدار آب مصرف شده در سمت کاتد، دو برابر آند است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۰۵ در موازنه نیم‌واکنش‌ها و واکنش‌های اکسایش-کاهش، باید علاوه بر موازنه عناصر، 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 بارها در دو طرف معادله برابر باشند.

هر چهار نیم‌واکنش را بر این اساس موازنه می‌کنیم:

۱) معادله نیم‌واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$N_2 + 8OH^- \longrightarrow 2NO_2 + 4H_2O + e^-$$

در حال حاضر بدون در نظر گرفتن الکترون، جمع بارها در واکنش‌دهنده‌ها ۸- و در فراورده‌ها صفر است؛ پس ضریب الکترون در این معادله برابر ۸ خواهد بود:

$$N_2 + 8OH^- \longrightarrow 2NO_2 + 4H_2O + 8e^-$$

۲) معادله نیم‌واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$2S_2O_7^{2-} \longrightarrow 4SO_3 + O_2 + e^-$$

جمع بارها در سمت راست صفر و در سمت چپ ۴- است؛ پس ضریب الکترون برابر ۴ می‌باشد.

$$2S_2O_7^{2-} \longrightarrow 4SO_3 + O_2 + 4e^-$$

۳) معادله نیم‌واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$3H_2O + S \longrightarrow HSO_3^- + 5H^+ + e^-$$

جمع بارها در سمت چپ صفر و در سمت راست ۴+ است. ضریب الکترون برابر ۴ خواهد بود:

$$3H_2O + S \longrightarrow HSO_3^- + 5H^+ + 4e^-$$

۴) معادله نیم‌واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ + e^- \longrightarrow 4H_2O + Cr_2O_3$$

بدون در نظر گرفتن الکترون، جمع بارها در سمت چپ ۶+ و در سمت راست صفر است. پس ضریب الکترون برابر ۶ می‌باشد.

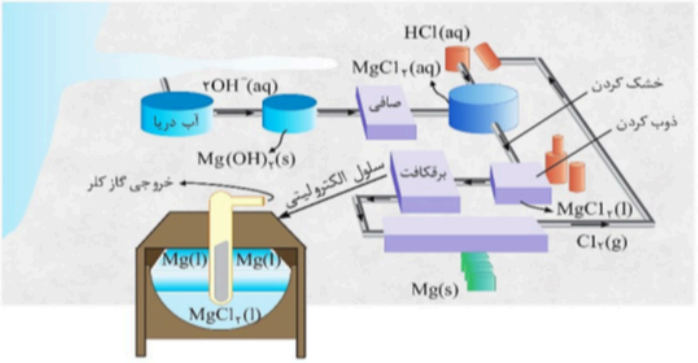
$$Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ + 6e^- \longrightarrow 4H_2O + Cr_2O_3$$

با توجه به مراحل انجام شده، پس از موازنه ضریب الکترون در نیم‌واکنش اول بیشتر از بقیه موارد است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

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



در این فرایند ابتدا به آب دریا که حاوی یون منیزیم است، محلولی بازی حاوی یون‌های هیدروکسید اضافه می‌شود تا رسوب منیزیم هیدروکسید تولید شود. سپس به این ماده، محلول اسید قوی HCl اضافه می‌شود تا ماده مورد استفاده در سلول برقکافت، یعنی منیزیم کلرید ایجاد شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) سلول الکترولیتی به کاررفته در این فرایند، سلول برقکافت منیزیم کلرید مذاب است. پس الکترولیت آن، منیزیم کلرید به صورت مذاب می‌باشد. در سلول‌های الکترولیتی، الکترولیت می‌تواند محلول یک نمک در آب یا خود همان نمک در حالت مایع(مذاب) باشد.

۲) همان‌طور که در شکل نشان داده شده مشخص است، در سلول الکترولیتی، منیزیم مذاب(مایع) تولیدشده بر روی سطح الکترولیت مذاب(منیزیم کلرید) قرار می‌گیرد که به علت چگالی بیشتر منیزیم کلرید مذاب نسبت به منیزیم مایع است.

۴) با توجه به شکل نشان داده شده، الکترودی که در مجاورت آن یون کلرید اکسایش یافته و به گاز کلر تبدیل می‌شود، درون الکترولیت قرار دارد. یون کلرید در آند(قطب مثبت در سلول‌های الکترولیتی مانند برقکافت) اکسایش می‌یابد؛ بنابراین الکترود درون الکترولیت، قطب مثبت بوده و الکترودی که اطراف الکترولیت را می‌گیرد، قطب منفی است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۰۷ عبارت‌هایی (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در این فرایند، آب به عنوان الکترولیت عمل کرده و به انتقال کاتیون‌های آهن به سمت محل کاتد و تولید رسوب کمک می‌کند. همچنین این ماده در نیم‌واکنش کاهش شرکت می‌کند و یکی از واکنش‌دهنده‌های این فرایند است؛ اما چون هیچ یک از اتم‌های موجود در آب تغییر عدد اکسایش نداشته‌اند، این ماده نه اکسنده و نه کاهنده است.

ب: نیم‌واکنش کاهش این فرایند شیمیایی به صورت زیر است:

$$2H_2O(l) + O_2(g) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$$

مجموع ضریب گونه‌ها در این معادله برابر ۱۱ است.

پ: در سلول سوختی هیدروژن نیم‌واکنش کاهش به صورت زیر انجام می‌شود:

$$4H^+(aq) + O_2(g) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$$

معادله این نیم‌واکنش، مشابه نیم‌واکنش کاهش در فرایند خوردگی آهن در محیط خنثی نیست.

ت: در فرایند خوردگی آهن با اکسیژن در محیط اسیدی، نیم‌واکنش کاهش به صورت بالا بوده و یون OH^- تولید نمی‌شود که با یون آهن تولیدشده در نیم‌واکنش اکسایش، رسوب کند. پس در این حالت زنگ آهن تولید نشده و به جای آن محلولی از یون آهن و آنیون اسید ایجاد می‌شود. برای مثال، اگر در قطره آب هیدروکلریک اسید حل شده باشد، در نهایت مقداری $FeCl_2$ تولید خواهد شد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۰۸ مقدار E° نقره مثبت است. هرچند که مقدار E° مس نیز مثبت است، اما این مقدار از E° نقره کمتر می‌باشد. در جدول تناوبی، واکنش‌پذیری فلزها از بالا به پایین افزایش می‌یابد؛ پس واکنش‌پذیری گالیم از آلومینیم بیشتر است؛ پس می‌توان گفت E° آن از آلومینیم کمتر بوده و منفی است. بر این اساس E° هر دو فلز گالیم و مس از نقره کمتر بوده و هر دو فلز، با محلول حاوی یون نقره واکنش می‌دهند. واکنش‌های انجام‌شده به صورت زیر هستند:

$$Ga(s) + ۳Ag^+(aq) \longrightarrow Ga^{۳+}(aq) + ۳Ag(s) \qquad Cu(s) + ۲Ag^+(aq) \longrightarrow Cu^{۲+}(aq) + ۲Ag(s)$$

ابتدا مقدار نقره تولیدشده در دو واکنش را حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\ Ag = ۱۱۸/۸\ g\ Ag \times \frac{۱\ mol\ Ag}{۱۰۸\ g\ Ag} = ۱/۱\ mol$$

پس اگر مقدار گالیم مصرف‌شده در واکنش اول برابر با x مول باشد(معادل $۷۰x$ گرم)، در این واکنش $۳x$ مول نقره تولید شده است. همچنین با توجه به تولید ۱/۱ مول نقره در این دو واکنش، در واکنش دوم $۱/۱ - ۳x$ مول نقره تولید شده است. حال جرم مس مصرف‌شده در واکنش دوم را بدست می‌آوریم:

$$?\,g\ Cu = (۱/۱ - ۳x)\ mol\ Ag \times \frac{۱\ mol\ Cu}{۲\ mol\ Ag} \times \frac{۶۴\ g\ Cu}{۱\ mol\ Cu} = ۳۵/۲ - ۹۶x$$

مجموع جرم گالیم و مس برابر جرم اولیه آلیاژ است. پس داریم:

$$۷۰x + (۳۵/۲ - ۹۶x) = ۳۰ \Longrightarrow ۵/۲ = ۲۶x \Longrightarrow x = ۰/۲$$

بنابراین جرم گالیم برابر ۱۴ گرم و جرم مس برابر ۱۶ گرم است. در نهایت درصد جرمی گالیم را در این آلیاژ محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی گالیم} = \frac{\text{جرم گالیم}}{\text{جرم کل}} \times ۱۰۰ \Longrightarrow A = \frac{۱۴}{۳۰} \times ۱۰۰ \simeq ۴۶/۷٪$$

درصد جرمی گالیم در این آلیاژ به تقریب برابر با ۴۶/۷ درصد است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

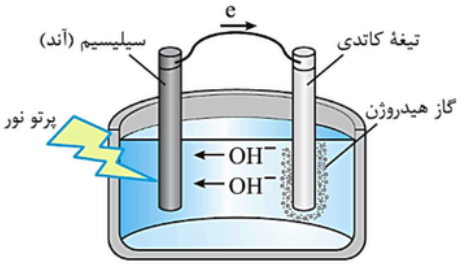
۳۰۹ تنها عبارت (ب) درست است.

بررسی موارد:

آ: در برخی از سلول‌های الکتروشیمیایی، برای انجام واکنش اکسایش-کاهش از نور استفاده می‌شود و به همین علت به آن‌ها سلول نورالکتروشیمیایی گفته می‌شود. از یکی از این سلول‌های نور الکتروشیمیایی، برای تولید گاز هیدروژن استفاده می‌شود. در این سلول، پتانسیل کاهشی استاندارد آند کمتر از کاتد بوده و emf سلول مثبت است. به طور کلی، این سلول‌ها ویژگی‌هایی بین سلول‌های گالوانی و الکترولیتی را داشته و در یک دسته جداگانه قرار می‌گیرند. توجه داریم که مقدار emf این سلول بسیار کوچک بوده و بازده و سرعت واکنش آن پایین است، اما با این وجود چون این فرایند برخلاف برقکافت آب، به کمک نور خورشید انجام‌شده و نیاز به مصرف انرژی ندارد، برای تولید گاز هیدروژن توصیه می‌شود. واکنش کلی انجام‌شده در سلول به صورت زیر است:

$$Si(s) + ۲H_۲O(l) \longrightarrow SiO_۲(s) + ۲H_۲(g)$$

تصویر زیر، نمایی از سلول نورالکتروشیمیایی استفاده شده برای تجزیه‌ی آب و تولید گاز هیدروژن را نشان می‌دهد:



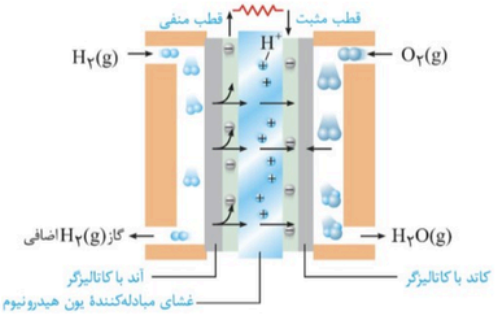
ب: نیم واکنش‌های انجام‌گرفته در هر دو قطب سلول نورالکتروشیمیایی تولیدکننده گاز هیدروژن، به صورت زیر هستند:

قطب مثبت(کاتد) : $۲H_۲O(l) + ۲e^- \longrightarrow H_۲(g) + ۲OH^-(aq)$

قطب منفی(آند) : $Si(s) + ۲H_۲O(l) \longrightarrow SiO_۲(s) + ۴H^+(aq) + ۴e^-$

در سمت آند، یون هیدروژن و در سمت کاتد، یون هیدروکسید تولید می‌شود. پس الکترولیت آند، اسیدی و الکترولیت کاتد، بازی است. پس pH محلول بازی قطب مثبت بیشتر از pH محلول اسیدی قطب منفی می‌باشد.

پ: ساختار سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن به صورت زیر است:



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

کاتد : $O_۲(g) + ۴H^+(aq) + ۴e^- \longrightarrow ۲H_۲O(g)$

آند : $H_۲(g) \longrightarrow ۲H^+(aq) + ۲e^-$

در این سلول، یون‌های هیدروژن تولیدشده در آند از طریق غشای مبادله‌کننده یون هیدرونیوم و الکترون‌های آزادشده از طریق مدار خارجی به 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 مصرف‌نشده هیدروژن از آن خارج می‌شود. در مقابل به کاتد گاز اکسیژن وارد و بخارآب خارج می‌شود. در این سلول، الکترولیت موجود در غشای مبادله‌کننده یون هیدرونیوم، خاصیت اسیدی دارد.

ت: واکنش کلی انجام‌گرفته در سلول سوختی متان-اکسیژن، مشابه واکنش سوختن این ماده بوده و به صورت زیر است:

$$CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \longrightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(g)$$

در این واکنش، عدد اکسایش هر اتم کربن(کاهنده) از ۴- در متان به ۴+ در کربن دی‌اکسید می‌رسد. همچنین عدد اکسایش هر اتم اکسیژن(اکسنده) از صفر در گاز اکسیژن به ۲- در کربن دی‌اکسید و بخار آب می‌رسد. پس نسبت تغییر عدد اکسایش هر اتم کاهنده به هر اتم اکسنده برابر $\frac{۸}{۲} = ۴$ است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۱۰ معادله واکنش موازنه‌شده زنگ‌زدن آهن به صورت زیر است:

$$۴Fe(s) + ۶H_۲O(l) + ۳O_۲(g) \longrightarrow ۴Fe(OH)_۳(s)$$

تغییر جرم قطعه آهنی برابر جرم یون‌های هیدروکسید اضافه‌شده به فلز آهن در واکنش بالا است. پس در این ماده ۲۰/۴ گرم یون هیدروکسید وجود دارد. بر این اساس، جرم آهن مصرف‌شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?g\ Fe = ۲۰/۴\ g\ OH^- \times \frac{۱\ mol\ OH^-}{۱۷\ g\ OH^-} \times \frac{۱\ mol\ Fe(OH)_۳}{۳\ mol\ OH^-} \times \frac{۴\ mol\ Fe}{۴\ mol\ Fe(OH)_۳} \times \frac{۵۶\ g\ Fe}{۱\ mol\ Fe} = ۲۲/۴\ g$$

حال درصدی از آهن را که در این واکنش اکسایش یافته، حساب می‌کنیم:

$$\text{درصد آهن خورده‌شده} = \frac{\text{جرم آهن خورده‌شده}}{\text{جرم کل آهن}} \times ۱۰۰ \Rightarrow A = \frac{۲۲/۴}{۸۰} \times ۱۰۰ = ۲۸٪$$

پس ۲۸ درصد آهن در این واکنش شرکت‌کرده است. فرایند ترمیت که خود یک واکنش اکسایش-کاهش بوده، به صورت زیر انجام می‌شود:

$$۲Al(s) + Fe_۲O_۳(s) \longrightarrow ۲Fe(l) + Al_۲O_۳(s)$$

از این واکنش برای تولید ۲۲/۴ گرم آهن برای جایگزینی با آهن خورده‌شده استفاده می‌شود. بر این اساس، جرم آلومینیم مصرف‌شده را بدست می‌آوریم:

$$?g\ Al\ \text{ناخالص} = ۲۲/۴\ g\ Fe \times \frac{۱\ mol\ Fe}{۵۶\ g\ Fe} \times \frac{۲\ mol\ Al}{۲\ mol\ Fe} \times \frac{۲۷\ g\ Al}{۱\ mol\ Al} \times \frac{۱۰۰\ g\ Al\ \text{ناخالص}}{۷۵\ g\ Al} = ۱۴/۴\ g$$

در واکنش ترمیت، ۱۴/۴ گرم آلومینیم ناخالص مصرف می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۱۱ پوشش سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی(مانند طلا، نقره، کروم و ...)، آبکاری نام دارد. در سلول الکترولیتی مربوط به این فرایند، تیغه فلز آبکاری را به قطب مثبت باتری و جسم فلزی را به قطب منفی باتری وصل می‌کنیم. الکترولیت به کاررفته در این واکنش نیز محلولی از نمک فلز آبکاری است. در قطب مثبت یا همان آند، فلز آبکاری اکسایش یافته و به کاتیون تبدیل می‌شود. الکترون آزادشده در این قطب به سمت قطب منفی یا همان کاتد رفته و در نیم‌واکنش کاهش، کاتیون موجود در محلول شرکت می‌کند. در واقع نیم‌واکنش‌های انجام‌شده در این سلول قرینه یکدیگر هستند.

$$\text{کاتد}: M^{n+}(aq) + ne^- \longrightarrow M(s) \qquad \text{آند}: M(s) \longrightarrow M^{n+}(aq) + ne^-$$

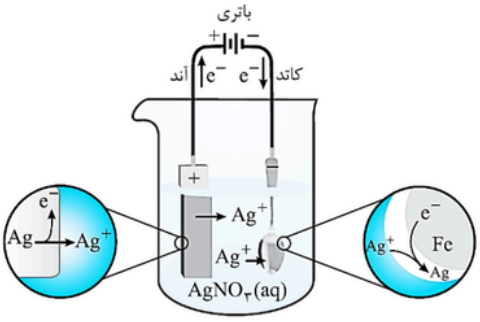
عبارت‌های (آ) و (ب) درست هستند.

بررسی موارد

آ: در سلول آبکاری اگر n مول فلز در آند اکسایش یابد، n مول کاتیون همان فلز در کاتد کاهش می‌یابد. پس در این سلول، اگر آند از جنس فلز پوشاننده باشد، کاهش جرم تیغه آندی برابر افزایش جرم تیغه کاتدی است. همچنین با توجه به تولید و مصرف مقدار یکسان کاتیون در دو نیم‌واکنش، غلظت کاتیون این فلز در الکترولیت ثابت بوده و نیازی به اضافه کردن نمک آن به محلول حین انجام کار سلول نیست.

ب: در فرایند آبکاری، جسمی که آبکاری روی آن انجام می‌شود باید به قطب منفی باتری وصل شود، تا نقش کاتد را داشته باشد و بر روی سطح آن، نیم‌واکنش کاهش رخ دهد.

تصویر زیر، نمایی از این سلول را نشان می‌دهد:



پ: در سلول آبکاری، الکترولیت به کاررفته باید محلولی از نمک فلز آبکاری باشد. یعنی برای آبکاری وسیله مسی با فلز طلا، الکترولیت به کاررفته باید محلولی از یک نمک حاوی کاتیون طلا باشد.

ت: واکنشی که در آبکاری رخ می‌دهد، تنها جابه‌جایی یک فلز از یک قطب به قطب دیگر است. یعنی معادله آبکاری جسم آهنی با نقره به صورت زیر است:

$$Ag(s, \text{آند}) \longrightarrow Ag(s, \text{کاتد})$$

واکنش تیغه آهنی با محلول نقره نیترات به صورت زیر انجام می‌شود:

$$۲AgNO_۳(aq) + Fe(s) \longrightarrow Fe(NO_۳)_۲(aq) + ۲Ag(s)$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud

۳۱۲ فقط عبارت (پ) درست است.

بررسی موارد:

«الف»: گاز تولید شده در واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید، معادل با گاز **هیدروژن** است. معادله این واکنش شیمیایی به‌صورت زیر است:

$$Zn(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow ZnCl_۲(aq) + H_۲(g)$$

در واکنش جوش شیرین با هیدروکلریک اسید نیز گاز **کربن دی‌اکسید** تولید می‌شود. معادله این واکنش شیمیایی به‌صورت زیر است:

$$NaHCO_۳(s) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + CO_۲(g) + H_۲O(l)$$

«ب»: چون واکنش‌پذیری فلز مس کمتر از فلز روی است، پس از انداختن یک قطعه فلز مس در محلول روی سولفات، هیچ واکنش شیمیایی در محلول مورد نظر انجام نشده و **رسانایی** این محلول در طول زمان **تغییر نخواهد کرد**.

«پ»: واکنش فلز منیزیم با محلول هیدروکلریک اسید به‌صورت زیر انجام می‌شود:

$$Mg(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow MgCl_۲(aq) + H_۲(g)$$

معادله نیم‌واکنش اکسایش در این فرایند، به‌صورت زیر است:

$$Mg(s) \rightarrow Mg^{۲+}(aq) + ۲e^-$$

کاتیون تولید شده در این فرایند، دارای ۱۰ الکترون بوده و آرایش الکترونی آن مشابه آرایش الکترونی گاز **نئون** است. در ساختار این کاتیون، تعداد ۴ الکترون با $l = ۰$ در زیرلایه‌های s وجود دارد.

«ت»: گونه کاهنده (گونه‌ای که در واکنش مورد نظر، الکترون از دست داده و اکسید می‌شود) مصرف شده در واکنش آهن با محلول مس(II) سولفات، معادل با **فلز آهن** است. فلز آهن دارای عدد اتمی ۲۶ بوده و متعلق به گروه شماره ۸ جدول دوره‌ای است.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۱۳ فلز منیزیم، یک **فلز اصلی** از دسته s بوده و فلز روی نیز یک **فلز واسطه** از دسته d جدول دوره‌ای است. طبق فرض سؤال، درصد جرمی فلز روی به اندازه ۴ درصد بیشتر از درصد جرمی فلز منیزیم بوده و همان‌طور که می‌دانیم، مجموع درصد جرمی این دو فلز در آلیاژ مورد نظر نیز برابر با ۱۰۰٪ است. بر این اساس، می‌توان گفت درصد جرمی فلز روی در آلیاژ مورد نظر برابر با ۵۲٪ و درصد جرمی فلز منیزیم نیز در این آلیاژ برابر با ۴۸٪ است. واکنش فلز روی با هیدرویدیک اسید به‌صورت زیر است:

$$۲HI(aq) + Zn(s) \xrightarrow{۲e} ZnI_۲(aq) + H_۲(g)$$

طی این واکنش، ۲ الکترون بین گونه‌ها مبادله می‌شود. بر این اساس، داریم:

$$?\ e^- \text{ تعداد} = ۵۰\ g \text{ آلیاژ} \times \frac{۵۲\ g\ Zn}{۱۰۰\ g \text{ آلیاژ}} \times \frac{۱\ mol\ Zn}{۶۵\ g\ Zn} \times \frac{۲\ mol\ e^-}{۱\ mol\ Zn} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ e^- \text{ تعداد}}{۱\ mol\ e^-} = ۴/۸۱۶ \times ۱۰^{۲۳}\ e^-$$

واکنش فلز منیزیم با هیدرویدیک اسید به‌صورت زیر است:

$$۲HI(aq) + Mg(s) \xrightarrow{۲e} MgI_۲(aq) + H_۲(g)$$

طی این واکنش، ۲ الکترون بین گونه‌ها مبادله می‌شود. بر این اساس، داریم:

$$?\ e^- \text{ تعداد} = ۵۰\ g \text{ آلیاژ} \times \frac{۴۸\ g\ Mg}{۱۰۰\ g \text{ آلیاژ}} \times \frac{۱\ mol\ Mg}{۲۴\ g\ Mg} \times \frac{۲\ mol\ e^-}{۱\ mol\ Mg} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ e^- \text{ تعداد}}{۱\ mol\ e^-} = ۱۲/۰۴ \times ۱۰^{۲۳}\ e^-$$

مقدار الکترون مبادله شده در هر واکنش، به‌صورت مجزا محاسبه شد. در قدم بعد، مجموع شمار الکترون‌های مبادله شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{شمار الکترون مبادله شده} = ۴/۸۱۶ \times ۱۰^{۲۳} + ۱۲/۰۴ \times ۱۰^{۲۳} = ۱۶/۸۵۶ \times ۱۰^{۲۳}\ e^-$$

همان‌طور که مشخص است، طی این فرایند، $۱۶/۸۵۶ \times ۱۰^{۲۳}$ الکترون، معادل با ۲/۸ مول الکترون بین گونه‌ها مبادله شده است.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۱۴ در قدم اول، با توجه به pH محلول، غلظت یون هیدروژن موجود در آن را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+] = ۱۰^{-pH} \longrightarrow [H^+] = ۱۰^{-۱} = ۰/۱\ mol.L^{-۱}$$

فلز روی بر اساس معادله زیر با محلول‌های اسیدی واکنش می‌دهد.

$$۲HCl(aq) + Zn(s) \longrightarrow ZnCl_۲(aq) + H_۲(g)$$

با توجه به معادله این واکنش شیمیایی، حجم محلول اسیدی مصرف شده را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,mL\ \text{محلول} = ۲/۶\ g\ Zn \times \frac{۱\ mol\ Zn}{۶۵\ g\ Zn} \times \frac{۲\ mol\ HCl}{۱\ mol\ Zn} \times \frac{۱\ L\ \text{محلول}}{۰/۱\ mol\ HCl} \times \frac{۱۰۰۰\ mL\ \text{محلول}}{۱\ L\ \text{محلول}} = ۸۰۰\ mL$$

به‌جز فلزهای طلا، پلاتین، جیوه، نقره و مس، سایر فلزها با محلول‌های اسیدی واکنش می‌دهند. فلزها در صورت واکنش با اسیدها، **گاز هیدروژن** تولید می‌کنند.

در مرحله بعد، باید حجم گاز هیدروژن تولید شده را به‌دست بیاوریم. با توجه به حجم مولی گازها، حجم گاز هیدروژن تولید شده را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,mL\ H_۲ = ۲/۶\ g\ Zn \times \frac{۱\ mol\ Zn}{۶۵\ g\ Zn} \times \frac{۱\ mol\ H_۲}{۱\ mol\ Zn} \times \frac{۲۲۴۰۰\ mL\ H_۲}{۱\ mol\ H_۲} = ۸۹۶\ mL$$

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۱۵ از آنجا که تغییر دمایی ایجاد شده در ظرف واکنش اول برابر صفر است، لذا واکنش اول انجام نمی‌شود و قدرت کاهندگی فلز Mn از فلز X بیشتر است. از طرف دیگر تغییرات دمایی ظرف‌های واکنش‌های دوم و سوم بزرگ‌تر از صفر است. از آنجا که دمای ظرف واکنش دوم بیشتر افزایش پیدا کرده، می‌توان گفت که قدرت کاهندگی(تمایل به اکسید شدن) فلز Y از Z بیشتر است. با توجه به توضیحات داده شده، داریم:

قدرت کاهندگی فلزها : $X < Mn < Z < Y$

داد و ستد انرژی در واکنش‌ها

در برخی از واکنش‌های اکسایش-کاهش، به هنگام دادوستد الکترون بین گونه‌های اکسنده و کاهنده، مقداری انرژی نیز آزاد می‌شود. به‌عنوان مثال، در هنگام سوختن عناصر فلزی مثل سدیم و منیزیم، اتم‌های فلزی اکسایش پیدا کرده و الکترون‌های خود را به اتم‌های اکسیژن منتقل می‌کنند. همان‌طور که می‌دانیم، انجام شدن این واکنش‌ها با آزاد شدن مقداری انرژی به‌صورت نور و گرما همراه است. علاوه بر واکنش سوختن عناصر فلزی، برخی دیگر از انواع واکنش‌های اکسایش-کاهش نیز با آزاد شدن گرما همراه هستند. به‌عنوان مثال، واکنش یک تیغه فلزی با محلول فلزی که پتانسیل کاهشی بزرگ‌تری دارد، از جمله **واکنش‌های اکسایش-کاهش گرماده** است.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - ساده)

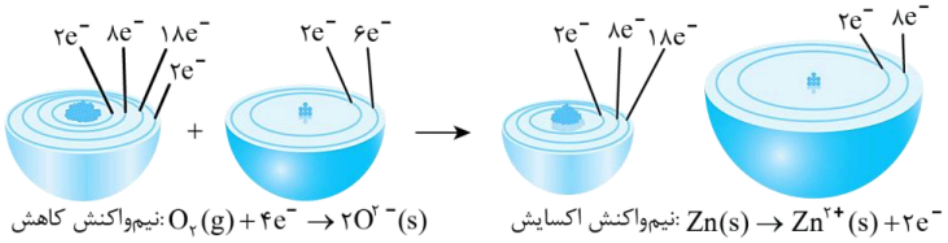
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۱۶ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

«**الف**»: معادله نیم‌واکنش کاهش در فرایند تولید نمک خوراکی از عناصر سازنده آن به‌صورت $Cl_2(g) + 2e \rightarrow 2Cl^-(s)$ است. طی این فرایند، **گاز کلر** به **یون کلرید جامد** تبدیل می‌شود.

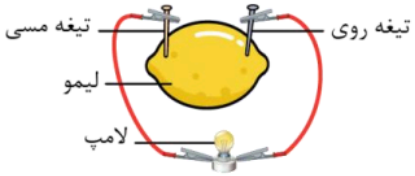
«**ب**»: **اغلب** فلزها، در واکنش با نافلزها تمایل دارند یک یا چند الکترون از دست داده و اکسید شوند. **اکسیژن** یکی از نافلزهای فعال است که به‌عنوان اکسنده با اغلب فلزها واکنش می‌دهد. توجه داریم که اکسیژن با برخی فلزها مانند **طلا** و **پلاتین** که واکنش‌پذیری کمی دارند، **واکنش نمی‌دهد** در حالی که با سایر فلزها از جمله روی و آهن وارد واکنش می‌شود. برای مثال، واکنش میان فلز روی و گاز اکسیژن به‌صورت زیر است:



توجه داریم که

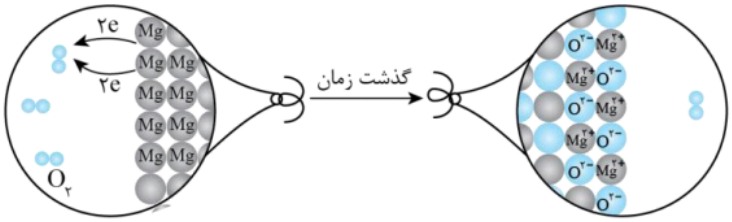
گونه کاهنده، گونه‌ای است که اکسایش یافته و سبب کاهش سایر گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش می‌شود. برای مثال، در این واکنش فلز روی در نقش عامل کاهنده است. هر اتم روی دو الکترون از زیرلایهٔ $4s$ از دست داده و به یون روی تبدیل می‌شود.

«**پ**»: عناصر فلزی در حالت آزاد، **محتوای مقداری انرژی** بوده و یکی از راه‌های بهره‌گیری از این انرژی ذخیره شده، اتصال فلزها در شرایط مناسب به یکدیگر است. برای نمونه، با استفاده از یک تیغه مسی و **تیغه‌ای دیگر** مانند روی و با میوه‌ای مانند لیمو، می‌توان نوعی باتری ساده(باتری لیمویی) ساخت و به کمک آن یک لامپ را روشن کرد. در واقع، باتری لیمویی نوع ساده‌ای از یک سلول **گالوانی** است که با فروبردن یک تیغه از جنس فلز مس و یک تیغه از جنس فلز روی در یک لیمو ساخته می‌شود. به کمک این نوع باتری می‌توان یک لامپ LED را روشن کرد. تصویر زیر، نمایی از این نوع باتری را نشان می‌دهد:



همان‌طور که مشخص است، لیمو در **نقش الکترولیت**(محلولی که یون‌ها را از درون خود عبور می‌دهد) بوده و باعث برقراری جریان الکتریکی در مدار خارجی این سلول می‌شود.

«**ت**»: فلز منیزیم در حضور گاز اکسیژن با تولید یک **نور سفید** خیره‌کننده اکسید شده و به منیزیم اکسید تبدیل می‌شود. از نور تولید شده طی این واکنش در گذشته به‌عنوان **منبع نور برای عکاسی** استفاده می‌شده است. فرایند انجام شده به‌صورت زیر است:



(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۱۷ نیم‌واکنش تبدیل یون $Sn^{۴+}$ به یون $Sn^{۲+}$ به‌صورت مقابل است: $Sn^{۴+} + ۲e \rightarrow Sn^{۲+}$

نیم‌واکنش اکسایش یون F^- که منجر به تولید گاز فلوئور می‌شود نیز به‌صورت مقابل است: $۲F^- \rightarrow F_۲ + ۲e$

همان‌طور که مشخص است، ضریب الکترون در این معادله‌ها برابر با یکدیگر بوده و معادل با ۲ است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ اگر قدرت کاهندگی(تمایل به از دست دادن الکترون و اکسید شدن) اتم Al بیشتر از اتم Sn باشد، پس از ورود تیغه Sn به محلول آلومینیم سولفات، **واکنشی انجام نشده** و **دمای محلول ثابت می‌ماند**. در واقع چون قلع واکنش‌پذیری کمتری دارد، در مواجهه با یون آلومینیم موجود در محلول، الکترون از دست نداده و بدون تغییر باقی می‌ماند.

۳ در **همه** واکنش‌های اکسایش-کاهش، بین گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش **الکترون مبادله می‌شود**، اما توجه داریم که در همه این واکنش‌های شیمیایی الزاماً انرژی آزاد نمی‌شود. برای مثال، در **برخی** از واکنش‌های اکسایش-کاهش از جمله واکنش مربوط به برقکافت ترکیب‌های مختلف، مقداری انرژی مصرف شده و فراورده‌هایی با سطح انرژی بالاتر و پایداری کمتر تولید می‌شوند. بر این اساس، می‌توان واکنش‌های اکسایش-کاهش را با توجه به مدل مبادله گرما در آن‌ها در دو دسته زیر قرار داد:

واکنش‌های اکسایش-کاهش	گرماده	واکنش خودبه‌خودی بین یک فلز با کاتیونی از فلز دیگر
	گرماگیر	واکنش برقکافت ترکیب‌های مختلف

۴ گونه کاهنده، گونه‌ای است که اکسایش یافته و سبب کاهش سایر گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش می‌شود. در این واکنش، چون فلز روی الکترون‌های بیرونی خود را از دست می‌دهد، می‌توان گفت شعاع ذرات سازنده گونه کاهنده(فلز روی)، **کاهش** پیدا می‌کند.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۱۸ عبارت‌های (الف)، (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: سدیم، عضوی از خانواده **فلزهای قلیایی** بوده و در واکنش با مقداری آب، **سدیم هیدروکسید** که یک ماده **بازی** است را تولید می‌کند. چون طی این فرایند، اتم‌های سدیم الکترون از دست داده و کاتیون سدیم را ایجاد کرده‌اند، پس می‌توان گفت این واکنش از نوع اکسایش-کاهش است. معادله این واکنش شیمیایی به‌صورت زیر است:

$$۲Na(s) + ۲H_۲O(l) \rightarrow ۲NaOH(aq) + H_۲(g)$$

«ب»: سدیم، فلزی **نرم** است که به راحتی با چاقو بریده می‌شود. این عنصر، دارای جلای **نقره‌ای رنگ** بوده و **به سرعت**، با اکسیژن موجود در هوا واکنش می‌دهد. عدد اتمی سدیم برابر با ۱۱ بوده و آرایش الکترونی آن به‌صورت زیر است:

$_{۱۱}Na : [_{۱۰}Ne]\, ۳s^۱$

همان‌طور که مشخص است، آرایش الکترونی سدیم به یک **زیرلایه تک‌الکترونی** ختم می‌شود.

«پ»: سدیم، متعلق به گروه شماره ۱ از تناوب سوم است. فسفر نیز متعلق به تناوب سوم است، اما عنصری با عدد اتمی ۵۶، در گروه شماره ۲ قرار می‌گیرد.

«ت»: چون فلز سدیم **بسیار واکنش‌پذیر بوده** و **قدرت کاهندگی خیلی زیادی دارد**، اگر یک قطعه فلز سدیم را در محلول مس(II) سولفات بیندازیم، یون‌های مس(II) موجود در محلول در واکنش با فلز سدیم الکترون گرفته و از محلول خارج می‌شوند. طی این فرایند، رنگ آبی محلول که به‌خاطر وجود یون مس(II) ایجاد شده است، با کاهش غلظت این یون در محلول مورد نظر از بین می‌رود.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۱۹ هرگاه تیغه یک فلز فعال را داخل محلول نمک فلز با قدرت کاهندگی کمتر وارد کنیم، بر اثر انجام واکنش الکتروشیمیایی، کاتیون‌های فلز فعال‌تر وارد محلول شده و کاتیون‌های فلز دیگر کاهش یافته و بر روی تیغه می‌نشینند. مقدار تغییر جرم تیغه به جرم مولی دو فلز و بار کاتیون آنها بستگی دارد. ابتدا واکنش اکسایش-کاهش انجام گرفته را می‌نویسیم:

نیم واکنش اکسایش : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

نیم واکنش کاهش : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

واکنش کلی سلول : $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \rightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$

در این واکنش به ازای مبادلهٔ ۲ مول الکترون بین گونه اکسنده(یون Cu^{2+}) و کاهنده(اتم Zn)، یک مول فلز Zn مصرف شده و یک مول فلز Cu تولید می‌شود. ابتدا شمار مول الکترون مبادله شده را حساب می‌کنیم:

$$\text{شمار مول الکترون مبادله شده} = ۱/۸۰۶ \times ۱۰^{۲۲} \times \frac{۱\ mol\ e^-}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}} = ۰/۰۳\ mol\ e^-$$

بنابراین $\frac{۰/۰۳}{۲} = ۰/۰۱۵$ مول Zn مصرف شده و $۰/۰۱۵$ مول Cu تولید می‌شود. فلز روی مصرف شده، منجر به کاهش جرم تیغه شده و فلز مس تولید شده نیز منجر به افزایش جرم تیغه می‌شود. بر این اساس، داریم:

$$\text{تغییر جرم تیغه} = \text{جرم مس تولید شده} - \text{جرم روی مصرف شده} = (۰/۰۱۵ \times ۶۴) - (۰/۰۱۵ \times ۶۵)$$
$$= ۰/۰۱۵ \times (۶۴ - ۶۵) = -۰/۰۱۵\ g$$

از آنجا که علامت تغییر جرم تیغه منفی است، بنابراین جرم تیغه کاهش پیدا کرده است.

(مازمایش ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۲۰ در قدم اول، باید جرم کاتیون مس(II) موجود در محلول ۲ لیتری اولیه را محاسبه کنیم:

$$?\ g\ Cu^{2+} = ۲\ L\ \text{محلول} \times \frac{۰/۵\ mol\ Cu^{2+}}{۱\ L\ \text{محلول}} \times \frac{۶۴\ g\ Cu^{2+}}{۱\ mol\ Cu^{2+}} = ۶۴\ g$$

معادله واکنش اکسایش-کاهش انجام گرفته را می‌نویسیم:

نیم واکنش اکسایش : $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$

نیم واکنش کاهش : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

واکنش کلی سلول : $Cu^{2+}(aq) + Mg(s) \rightarrow Cu(s) + Mg^{2+}(aq)$

با انجام شده این واکنش، کاتیون‌های مس(II) کاهش یافته و از محلول خارج می‌شوند(پس جرم محلول به‌خاطر خروج کاتیون مس(II) از آن، کاهش پیدا می‌کند)، اما کاتیون‌های منیزیم تولید شده و به محلول وارد می‌شوند(پس جرم محلول به‌خاطر ورود کاتیون منیزیم به آن، افزایش پیدا می‌کند). با توجه به‌شمار الکترون مبادله شده در این فرایند، مقدار کاتیون مس(II) مصرف شده و مقدار کاتیون منیزیم تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\ g\ Cu^{2+} = ۳/۰۱ \times ۱۰^{۲۳} \times \frac{۱\ mol\ e^-}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}} \times \frac{۱\ mol\ Cu^{2+}}{۲\ mol\ e^-} \times \frac{۶۴\ g\ Cu^{2+}}{۱\ mol\ Cu^{2+}} = ۱۶\ g$$

$$?\ g\ Mg^{2+} = ۳/۰۱ \times ۱۰^{۲۳} \times \frac{۱\ mol\ e^-}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}} \times \frac{۱\ mol\ Mg^{2+}}{۲\ mol\ e^-} \times \frac{۲۴\ g\ Mg^{2+}}{۱\ mol\ Mg^{2+}} = ۶\ g$$

در ابتدای این فرایند، یک محلول ۲ لیتری(۲۰۰۰ میلی‌لیتری) با چگالی ۱/۰۰۵ گرم بر میلی‌لیتر در اختیار داشته‌ایم که جرم آن برابر با ۲۰۱۰ گرم بوده است. با انجام واکنش مورد نظر در این محلول، ۱۶ گرم کاتیون مس(II) از محلول خارج شده و ۶ گرم کاتیون منیزیم به محلول وارد شده است، پس می‌توان گفت جرم محلول نهایی به ۲۰۰۰ گرم رسیده است. در نهایت، یک محلول ۲۰۰۰ گرمی داریم که در آن مقداری کاتیون مس وجود دارد.

جرم کاتیون مس باقیمانده در محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم کاتیون مس باقیمانده} = \text{جرم اولیه کاتیون مس} - \text{جرم کاتیون مس خارج شده از محلول} = ۶۴ - ۱۶ = ۴۸\ g$$

در قدم بعد، غلظت کاتیون مس(II) را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت } ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ = \frac{۴۸}{۲۰۰۰} \times ۱۰^۶ = ۲۴۰۰۰ \text{ واحد}$$

(مازمایش ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۱ واکنش‌های اکسایش-کاهش، باید از نظر **تعداد اتم** و **بار الکتریکی موازنه باشند!** در واقع در این واکنش‌ها، باید شمار اتم‌های هر عنصر در دو سمت معادله برابر بوده و مجموع بار الکتریکی گونه‌های موجود در هر سمت نیز با سمت دیگر برابر باشد. موازنه بار در این دسته از واکنش‌ها زمانی اتفاق می‌افتد که تعداد الکترون‌های تولید شده در نیم‌واکنش اکسایش با تعداد الکترون‌های مصرف شده در نیم‌واکنش کاهش برابر باشد. معادله موازنه شده واکنش مورد نظر به‌صورت زیر است:

$$ClO_4^-(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow ClO_3^-(aq) + H_2O(l)$$

برای موازنه معادله این واکنش، ابتدا ضریب یک را به ClO_4^- داده و بر این اساس، ضریب ClO_3^- نیز برابر با یک می‌شود. در سمت چپ معادله واکنش، ۴ اتم اکسیژن و در سمت راست، ۳ اتم اکسیژن وجود دارد، پس ضریب H_2O نیز برابر با یک شده و بر این اساس، ضریب H^+ نیز برابر با ۲ می‌شود. در قدم بعد، به سراغ موازنه بار می‌رویم. اگر ضریب الکترون برابر با ۲ باشد، موازنه بار نیز انجام شده و مجموع بار الکتریکی گونه‌ها در دو سمت معادله با هم برابر می‌شود. معادله واکنش سوختن پروپان نیز به‌صورت زیر است:

$$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$$

با توجه به معادله دو واکنش، داریم:

$$\frac{\text{ضریب الکترون}}{\text{ضریب اکسیژن}} = \frac{2}{5} = 0/4$$

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۲ در نیم‌واکنش کاهش، الکترون در سمت چپ(واکنش‌دهنده‌ها) و در نیم‌واکنش اکسایش، الکترون در سمت راست(فراورده‌ها) قرار دارد. در واکنش‌های شیمیایی از نوع اکسایش-کاهش، ماده‌ای که با گرفتن الکترون کاهش پیدا کرده و سبب اکسایش گونه دیگر می‌شود، **اکسنده** نام دارد. در این واکنش‌ها، ماده‌ای که با از دست دادن الکترون اکسایش پیدا کرده و سبب کاهش گونه دیگر می‌شود، **کاهنده** نام دارد. فلز آهن دارای ۸ الکترون با $l = ۰$(الکترون‌های موجود در زیرلایه s) بوده و فلز مس نیز دارای ۷ الکترون با $l = ۰$ است. از طرفی، می‌دانیم که پتانسیل کاهشی مس بیشتر از آهن است و به همین خاطر، قدرت کاهندگی(تمایل به از دست دادن الکترون و اکسید شدن) مس، کمتر از آهن خواهد بود. تصویر زیر، نمایی از جدول پتانسیل کاهشی را نشان می‌دهد:

$E°(V)$	نیم‌واکنش کاهش		
ولتاژ	گونهٔ کاهنده	الکترون	گونهٔ اکسنده
+۱/۵۰	$Au(s)$	$+۳e^- \rightarrow$	$Au^{۳+}(aq)$
+۱/۲۰	$Pt(s)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Pt^{۲+}(aq)$
+۰/۸۰	$Ag(s)$	$+e^- \rightarrow$	$Ag^+(aq)$
+۰/۳۴	$Cu(s)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Cu^{۲+}(aq)$
۰/۰۰	$H_۲(g)$	$+۲e^- \rightarrow$	$۲H^+(aq)$
-۰/۴۴	$Fe(s)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Fe^{۲+}(aq)$
-۰/۷۶	$Zn(s)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Zn^{۲+}(aq)$
-۱/۱۸	$Mn(s)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Mn^{۲+}(aq)$
-۱/۶۶	$Al(s)$	$+۳e^- \rightarrow$	$Al^{۳+}(aq)$
-۲/۳۷	$Mg(s)$	$+۲e^- \rightarrow$	$Mg^{۲+}(aq)$

کاهنده قوی‌تر ↓ — اکسنده قوی‌تر ↑

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول به‌طور جداگانه ممکن نبوده و باید این کمیت به‌طور **نسبی** اندازه‌گیری شود. شیمی‌دان‌ها برای دستیابی به این هدف، نیم‌سلول **استاندارد هیدروژن**(SHE) را به‌عنوان مبنا انتخاب کرده و پتانسیل آن را به‌طور قراردادی برابر با **صفر ولت** در نظر گرفتند. در این نیم‌سلول، محلول آبی با $pH = ۰$(محلولی که غلظت مولی یون هیدروژن در آن برابر با ۱ مول بر لیتر است) قرار داشته و گاز هیدروژن با **فشار ۱ اتمسفر** بر روی این محلول دمیده می‌شود. شیمی‌دان‌ها با تشکیل سلول گالوانی از هر نیم‌سلول با نیم‌سلول استاندارد هیدروژن، توانستند پتانسیل الکتریکی بسیاری از نیم‌سلول‌ها را اندازه‌گیری کرده و در جدولی به نام **سری الکتروشیمیایی** ثبت کنند.

۳ برای ساختن نیم‌سلول استاندارد نقره، باید از محلولی استفاده کنیم که غلظت یون Ag^+ در آن برابر با ۱ مولار باشد. چون نقره کلرید در آب نامحلول است، با ریختن ۱ مول از این ماده در ۱ لیتر آب، مقدار کمی از آن در آب حل شده و محلولی با غلظت کمتر ۱ مولار از یون نقره ایجاد می‌شود.

۴ شیمی‌دان‌ها پس از آن که پتانسیل الکترودی استاندارد نیم‌سلول‌های مختلف را اندازه‌گیری کردند، مقادیر حاصل را در یک جدول قرار داده و نام آن را **سری الکتروشیمیایی** گذاشتند. در سری الکتروشیمیایی، هرچه پتانسیل الکترودی($E°$) یک نیم‌سلول منفی‌تر باشد، نیم‌واکنش کاهشی انجام‌شده در آن نیم‌سلول در موقعیت پایین‌تری از جدول قرار می‌گیرد و هرچه پتانسیل الکترودی یک نیم‌سلول مثبت‌تر باشد، نیم‌واکنش کاهشی انجام‌شده در آن نیم‌سلول در موقعیت بالاتری از جدول قرار می‌گیرد. در هر نیم‌واکنش مربوط به عناصر فلزی که $E°$ بزرگ‌تری داشته باشد، کاتیون فلزی تمایل بیشتری به گرفتن الکترون(کاهش یافتن) دارد و اکسندهٔ قوی‌تری است.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۳ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند.

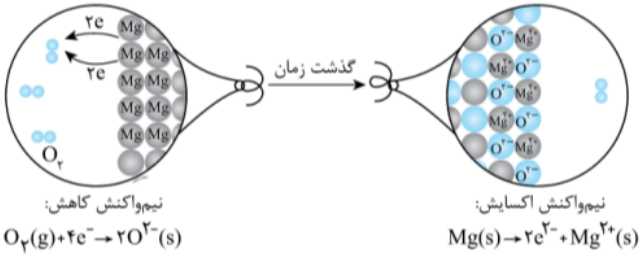
بررسی موارد:

«الف»: معادله واکنش تیغه مس و محلول روی سولفات، در صورت انجام شدن، به‌صورت $Cu(s) + ZnSO_4(aq) \rightarrow CuSO_4(aq) + Zn(s)$ است. چون فلز مس در مقایسه با فلز روی واکنش‌پذیری کمتر و مقدار E°(پتانسیل کاهشی استاندارد) بزرگ‌تری دارد، این واکنش **انجام نشده** و اتم‌های مس توسط یون‌های روی اکسایش پیدا نمی‌کنند. در واکنش‌هایی که به‌صورت طبیعی انجام نمی‌شوند، واکنش‌دهنده‌ها در مقایسه با فراورده‌ها پایداری بیشتر و سطح انرژی پایین‌تری دارند.

«ب»: نیروی الکتروموتوری در یک سلول گالوانی، **حداکثر اختلاف پتانسیلی** است که یک سلول می‌تواند به وجود بیاورد. برای افزایش مقدار emf یک سلول گالوانی، باید از الکترودهایی استفاده کنیم که مقدار E° آن‌ها بیشترین مقدار تفاوت ممکن را با یکدیگر داشته باشد. در واقع هر چقدر که E° **کاتد** سازنده یک سلول گالوانی **بیشتر** و E° **آند** سازنده آن **کم‌تر** باشد، مقدار emf آن سلول بیشتر می‌شود. با کاهش قدرت کاهندگی(افزایش مقدار E°) نیم‌سلول آندی در یک سلول، مقدار emf آن سلول کاهش پیدا می‌کند.

«پ»: چون پتانسیل کاهشی فلز آلومینیم کمتر از پتانسیل کاهشی فلز مس است، در سلول گالوانی آلومینیم-مس، تیغه ساخته شده از آلومینیم به‌عنوان **آند(قطب منفی)** و تیغه مس به‌عنوان **کاتد(قطب مثبت)** ایفای نقش می‌کند. همان‌طور که می‌دانیم، عناصر آلومینیم و مس به ترتیب متعلق به دسته‌های p و d از جدول تناوبی هستند.

«ت»: در گذشته از واکنش **سوختن فلز منیزیم** به‌عنوان **منبع نور** برای عکاسی استفاده می‌شده است. طی این واکنش، اتم‌های منیزیم با گاز اکسیژن واکنش داده و با ایجاد یک نور **سفید** خیره‌کننده می‌سوزند. تصویر زیر، نمایی از این واکنش را نشان می‌دهد:



نیم‌واکنش کاهش: $O_2(g)+4e^- \rightarrow 2O^{2-}(s)$

نیم‌واکنش اکسایش: $Mg(s) \rightarrow 2e^{2-} + Mg^{2+}(s)$

همان‌طور که مشخص است، طی این فرایند شعاع ذرات سازنده گونه اکسنده(گونه‌ای که الکترون گرفته و کاهش پیدا می‌کند) افزایش پیدا می‌کند.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۲۴ چون نیم‌واکنش اول دارای پتانسیل کاهشی بزرگ‌تری است، پس این نیم‌واکنش در سمت کاتد انجام شده و به‌صورت **کاهشی** نیز خواهد بود. چون نیم‌واکنش دوم دارای پتانسیل کاهشی منفی‌تر است، پس این نیم‌واکنش در سمت آند انجام شده و به‌صورت **اکسایشی** نیز خواهد بود و معادله آن را باید عکس کنیم. در این حالت، داریم:

$$\text{آند}: Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^- \qquad \text{کاتد}: Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$$

واکنش کلی انجام شده به‌صورت زیر است(برای موازنه نیم‌واکنش اول را در ۲ ضرب می‌کنیم):

$$2Fe^{3+}(aq) + Fe(s) \rightarrow 3Fe^{2+}(aq)$$

بر اساس معادله نیم‌واکنش‌های داده شده و پتانسیل کاهشی استاندارد آن‌ها، می‌توان گفت قدرت اکسندگی یون $Fe^{3+}(aq)$ بیشتر از یون $Fe^{2+}(aq)$ خواهد بود و قدرت کاهندگی $Fe^{2+}(aq)$ نیز کمتر از $Fe(aq)$ است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ کاتیون $Fe^{3+}(aq)$ در این واکنش کاهش می‌یابد(از عدد اکسایش ۳+ به ۲+) و در نتیجه می‌توان گفت این گونه اکسنده است.

۳ مقدار E° واکنش برابر با $1/21V$ است. در این رابطه داریم:

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \rightarrow emf = +0/77 - (-0/44) = 1/21V$$

۴ مجموع ضرایب استوکیومتری مواد پس از موازنه واکنش برابر با ۶ است. همان‌طور که مشخص است، در این فرایند، دو الکترون از نیم‌واکنش اکسایش به نیم‌واکنش کاهش منتقل می‌شود.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۵ واکنش انجام شده در سلول گالوانی به‌صورت زیر است:

$$Al(s) + ۳Ag^{+}(aq) \rightarrow Al^{۳+}(aq) + ۳Ag(s)$$

در واکنش داده شده، فلز **آلومینیم** در نقش **آند** بوده و **نقره** در نقش **کاتد** است. همچنین در الکترولیت‌های موجود در سلول مورد نظر، دو یون Ag^{+} و $Al^{۳+}$ وجود دارد. هرچه یک **فلز کاهنده قوی‌تری باشد**، **یون** مربوط به آن **اکسنده ضعیف‌تری** است. چون پتانسیل کاهشی استاندارد آلومینیم منفی‌تر از پتانسیل کاهشی استاندارد نقره است؛ درنتیجه فلز آلومینیم، کاهنده قوی‌تری نسبت به نقره بوده و یون $Al^{۳+}$، اکسنده ضعیف‌تری نسبت به یون Ag^{+} است. چون سلول مورد نظر در شرایط استاندارد است؛ درنتیجه غلظت یون آلومینیم در ابتدای واکنش برابر با ۱ مولار بوده است. با توجه به واکنش کلی سلول، یون آلومینیم در حال تولید شدن است و غلظت آن به ۱/۴ مولار رسیده است؛ درنتیجه می‌توان گفت تا لحظه ذکر شده، به اندازه ۰/۴ مولار از یون آلومینیم تولید شده است. با توجه به اینکه حجم الکترولیت حاوی $Al^{۳+}$ برابر با ۲۵۰ میلی‌لیتر(۰/۲۵ لیتر) است، لذا ابتدا می‌توان مقدار جرم آلومینیم مصرف شده را محاسبه کرد:

$$?\,g\,Al = ۰/۲۵\,L\ \text{محلول} \times \frac{۰/۴\,mol\,Al^{۳+}}{۱\,L\ \text{محلول}} \times \frac{۱\,mol\,Al}{۱\,mol\,Al^{۳+}} \times \frac{۲۷\,g\,Al}{۱\,mol\,Al} = ۲/۷\,g$$

با استفاده از کسرهای پیش ساخته نیز می‌توان مقدار آلومینیم مصرف شده در این فرایند را محاسبه کرد. در این حالت، برای یون آلومینیم($Al^{۳+}$) کسر مربوط به غلظت مولار و برای فلز آلومینیم(Al) نیز کسر مربوط به گرم را می‌نویسیم. بر این اساس، داریم:

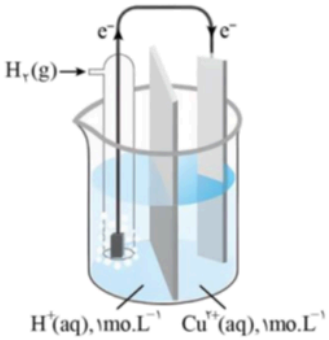
$$\left[\frac{\text{غلظت مولار} \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}}\right] = \left[\frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}\right] \Rightarrow \left[\frac{۰/۲۵ \times ۰/۴}{۱}\right] = \left[\frac{x}{۱ \times ۲۷}\right] \Rightarrow x = ۲/۷\,g$$

با توجه به محاسبات بالا، مقدار کاهش جرم آلومینیم(آند) برابر با ۲/۷ گرم است.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۶ پتانسیل کاهشی استاندارد عناصر مس و هیدروژن، به ترتیب برابر با ۰/۳۴+ و صفر ولت است، پس اگر نیم‌سلول‌های استاندارد مس و هیدروژن را به یکدیگر متصل کنیم، سلولی به‌دست می‌آید که در آن، فلز مس در نقش کاتد بوده و نیم‌سلول هیدروژن نیز در نقش آند است. تصویر زیر، نمایی از این سلول گالوانی را نشان می‌دهد:



با کار کردن سلول مورد نظر، نیم‌واکنش کاهش یون‌های مس در سطح تیغه مسی انجام شده و جرم این تیغه **افزایش** پیدا می‌کند. در نیم‌سلول هیدروژن نیز نیم‌واکنش اکسایش هیدروژن انجام شده و **گاز هیدروژن مصرف می‌شود**. توجه داریم که جرم الکترود پلاتینی موجود در نیم‌سلول هیدروژن، با گذشت زمان **تغییری نمی‌کند** چرا که فلز سازنده این نیم‌سلول اصلاً در واکنش اکسایش-کاهش کلی سلول **شرکت نمی‌کند**. با توجه به توضیحات داده شده، اگر جرم اولیه تیغه مسی کمتر از جرم الکترود پلاتینی موجود در SHE باشد، با گذشت زمان تفاوت جرم دو تیغه کاهش پیدا می‌کند اما اگر جرم اولیه تیغه مسی بیشتر از جرم الکترود پلاتینی موجود در SHE باشد، با گذشت زمان تفاوت جرم دو تیغه افزایش پیدا می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ در اطراف آند، نیم‌واکنش اکسایش هیدروژن انجام شده و طی آن گاز ناقطبی هیدروژن مصرف می‌شود. معادله این نیم‌واکنش به‌صورت زیر است:

نیم واکنش آندی (اکسایش) : $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$

به علت تولید یون هیدروژن در این نیم‌واکنش، مقدار pH محلول در اطراف آند کاهش پیدا می‌کند. با کاهش مقدار pH محلول، غلظت یون هیدروکسید در این محلول کاهش پیدا خواهد کرد.

۲ همان‌طور که گفتیم، چون فلز مس پتانسیل کاهشی استاندارد بیشتری دارد، نیم‌سلول مس کاتد این سلول را تشکیل می‌دهد. از آنجا که برای اندازه‌گیری پتانسیل کاهشی استاندارد نیم‌سلول‌های مختلف، باید این نیم‌سلول‌ها را به **نیم‌سلول استاندارد هیدروژن متصل کرده** و اختلاف پتانسیل ایجاد شده را محاسبه کنیم، پس می‌توان گفت از این سلول، می‌توان برای اندازه‌گیری E° مس استفاده کرد.

۴ با کار کردن سلول، آنیون‌های موجود در نیم‌سلول مس(نیم‌سلول کاتدی که محلول موجود در آن آبی‌رنگ است)، از خلال دیواره متخلخل، به سمت نیم‌سلول هیدروژن(نیم‌سلول آندی) می‌روند.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۷ سلول گالوانی داده شده از نیم‌سلول‌های مس و نقره ساخته شده است. پتانسیل کاهشی استاندارد مس، منفی‌تر(کمتر) از پتانسیل کاهشی استاندارد نقره است؛ درنتیجه فلز مس، **کاهنده قوی‌تری** نسبت به نقره بوده، نقش **آند** را در سلول ایفا می‌کند و نیم‌واکنش **اکسایش** در آن انجام می‌شود. نمودار زیر، ترتیب پتانسیل کاهشی استاندارد برخی از عناصر را نشان می‌دهد:

پتانسیل بیشتر ← طلا ← پلاتین ← جیوه ← نقره ← مس ← پتانسیل کمتر

واکنش اصلی سلول گالوانی مس-نقره به‌صورت زیر است:

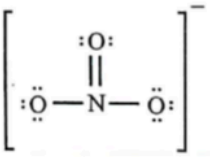
$$\underbrace{Cu}_{\text{کاهنده}}(s) + ۲\underbrace{Ag^{+}}_{\text{اکسنده}}(aq) \rightarrow Cu^{۲+}(aq) + ۲Ag(s)$$

در سلول‌های گالوانی، به مرور زمان از جرم **آند کاسته** شده و به جرم **کاتد افزوده** می‌شود؛ درنتیجه نیم سلولی که به‌تدریج جرم الکترود آن افزایش می‌یابد، نیم‌سلول کاتدی است. در نیم‌سلول کاتدی، نیم‌واکنش کاهش انجام می‌پذیرد؛ درنتیجه در این نیم‌سلول الکترون‌ها **مصرف شده** و **آزاد نمی‌شوند**. نیم‌واکنش کاهش در سلول داده شده به‌صورت زیر است:

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

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ در دیواره متخلخل، **آنیون‌ها به سمت آند** و **کاتیون‌ها به سمت کاتد** حرکت می‌کنند. آنیون گذرنده از دیواره متخلخل، آنیونی است که از نیم‌سلول کاتدی به سمت نیم‌سلول آندی حرکت کند. یون نیترات($NO_۳^-$)، آنیون گذرنده از دیواره متخلخل است. اتم مرکزی در یون نیترات، اتم نیتروژن است. شکل زیر ساختار لوویس یون نیترات را نمایش می‌دهد:



مجموع عدد اکسایش اتم‌های موجود در ساختار یک یون چنداتمی، برابر با بار یون مورد نظر است. بر این اساس می‌توان عدد اکسایش اتم نیتروژن را به‌صورت زیر محاسبه کرد:

$$NO_۳^- \Rightarrow N + ۳(-۲) = -۱ \Rightarrow N = +۵$$

۲ اتم کاهنده(اتمی که خود اکسید شده و الکترون‌های خود را به گونه دیگر می‌دهد) در این سلول، اتم مس است. آرایش الکترونی اتم‌های مس($_{۲۹}Cu$) و کروم($_{۲۴}Cr$) از **قاعده آفبا پیروی نمی‌کند** و با روش طیف سنجی پیشرفته می‌توان آرایش الکترونی آن‌ها را تعیین کرد. در این اتم‌ها، زیرلایه $۴s$ فقط دارای یک الکترون خواهد بود.

۳ هرچه اختلاف پتانسیل بین دو الکترود آند و کاتد بیشتر باشد، ولتاژ سلول بیشتر بوده و روشنایی لامپ نیز بیشتر است. اختلاف پتانسیل یک سلول گالوانی که به نیروی الکتروموتوری(emf) نیز شهرت دارد به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

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

چون پلاتین در مقایسه با نقره دارای **پتانسیل کاهشی استاندارد بزرگ‌تری است**، پس می‌توان گفت اختلاف پتانسیل سلول گالوانی $Cu - Pt$ **بیشتر** از اختلاف پتانسیل سلول گالوانی $Cu - Ag$ است؛ درنتیجه روشنایی لامپ در سلول گالوانی متشکل از مس و پلاتین در شرایط یکسان، بیشتر از روشنایی لامپ در سلول گالوانی دیگر است.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۸ موارد (الف)، (پ) و (ت) نادرست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: **دقت** داریم که واکنش **سوختن** با واکنش اکسایش متفاوت است. سوختن، واکنش **سریع** مواد با اکسیژن است و بازدهی این واکنش برای گاز هیدروژن در موتورهای درون‌سوز، نزدیک به **۲۰ درصد** است. **اکسایش** هیدروژن به **آرامی** و در شرایط کنترل شده در سلول سوختی بازدهی نزدیک به **۶۰ درصد** (۳ برابر موتورهای درون‌سوز) دارد. طی این فرایند، سوخت به آرامی مصرف شده و انرژی حاصل از آن، قابل استفاده خواهد بود. البته، توجه داریم که **معادله کلی** واکنش در دو حالت **یکسان** است. سوختن گاز هیدروژن، دارای دو کاتالیزگر پلاتین و روی است. استفاده از این دو کاتالیزگر، سرعت واکنش سوختن را به مقدار بسیار زیادی افزایش می‌دهد.

«ب»: واکنش انجام شده در سلول **گالوانی**، برخلاف واکنش انجام شده در سلول‌های الکترولیتی، با **تولید انرژی** همراه است. در این نوع از سلول‌های الکتروشیمیایی، یک واکنش در جهت طبیعی به پیش رانده می‌شود. جدول زیر ویژگی‌های مربوط به سلول‌های گالوانی و الکترولیتی را در مقایسه با یکدیگر نشان می‌دهد:

ویژگی	سلول گالوانی	سلول الکترولیتی
نیاز به منبع انرژی خارجی	ندارد	دارد
دیواره متخلخل	دارد	ندارد
جهت واکنش	در جهت طبیعی(خودبه‌خود)	در خلاف جهت طبیعی(غیر خودبه‌خود)
تبدیل انرژی	شیمیایی به الکتریکی	الکتریکی به شیمیایی
محل اکسایش	در آند	در آند
محل کاهش	در کاتد	در کاتد
قطب منفی	آند	کاتد
قطب مثبت	کاتد	آند
جهت حرکت الکترون	از آند به کاتد	از آند به کاتد
جهت حرکت کاتیون‌ها	به سمت کاتد	به سمت کاتد
جهت حرکت آنیون‌ها	به سمت آند	به سمت آند
پتانسیل سلول	$E^\circ > 0$	$E^\circ < 0$
کاربرد	تولید باتری و سلول سوختی	برقکافت و آبکاری

«پ»: در سلول گالوانی قلع-نقره، فلز قلع در آند(قطب منفی) و نقره در **کاتد** (**قطب مثبت**) جای دارد. در سلول مورد نظر، در محل الکترود قلع، نیم‌واکنش شیمیایی $Sn(s) \rightarrow 2e^- + Sn^{2+}(aq)$ انجام می‌شود. طی این فرایند، کاتیون حاصل از فلز قلع **تولید می‌شود**.

«ت»: در **برخی** از واکنش‌های اکسایش-کاهش، بار الکتریکی یون‌ها تغییر کرده و تعداد الکترون‌های ظرفیتی گونه‌ها نیز تغییر خواهد کرد. برای مثال، در نیم‌واکنش شیمیایی $Mg(s) \rightarrow 2e^- + Mg^{2+}(aq)$، شمار الکترون‌های ظرفیتی منیزیم دچار تغییر شده است. این در حالی است که در برخی از واکنش‌ها مثل فرایند سوختن گاز متان، تعداد الکترون‌های ظرفیتی اتم‌ها تغییر نمی‌کند.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۹ ابتدا واکنش کلی سلول و نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی تشکیل‌دهنده آن را می‌نویسیم:

نیم‌واکنش آندی : $Al(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^-$

نیم‌واکنش کاتدی : $Fe^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Fe(s)$

واکنش کلی سلول : $3Fe^{2+}(aq) + 2Al(s) \longrightarrow 3Fe(s) + 2Al^{3+}(aq)$

در این واکنش شیمیایی، به ازای مبادله ۶ مول الکترون بین گونه اکسنده(یون Fe^{2+}) و کاهنده(فلز Al)، مقدار ۲ مول یون آلومینیم تولید شده و ۳ مول یون آهن مصرف می‌شود. بر این اساس، غلظت یون آلومینیم افزایش یافته و غلظت یون آهن نیز کاهش پیدا خواهد کرد. ابتدا شمار مول الکترون مبادله‌شده را حساب می‌کنیم:

$$\text{شمار مول الکترون مبادله‌شده} = ۳/۶۱۲ \times ۱۰^{۲۳}\ e^- \times \frac{۱\ mol\ e^-}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ e^-} = ۰/۶\ mol$$

بنابراین مقدار یون Al^{3+} تولیدشده در نیم‌سلول آندی و مقدار یون Fe^{2+} مصرف‌شده در نیم‌سلول کاتدی برابر است با:

$$?\,mol\ Al^{3+} = ۰/۶\ mol\ e^- \times \frac{۲\ mol\ Al^{3+}}{۶\ mol\ e^-} = ۰/۲\ mol$$

$$?\,mol\ Fe^{2+} = ۰/۶\ mol\ e^- \times \frac{۳\ mol\ Fe^{2+}}{۶\ mol\ e^-} = ۰/۳\ mol$$

در ابتدای فرایند، غلظت محلول موجود در نیم‌سلول کاتدی و آندی برابر با ۱ مولار است و همچنین می‌دانیم حجم هر محلول نیز برابر با ۲ لیتر است، در نتیجه مقدار مول اولیه یون آلومینیم و یون آهن در هر یک از این محلول‌ها برابر با ۲ مول بوده است. با توجه به اینکه در ابتدا ۲ مول یون Al^{3+} و ۲ مول یون Fe^{2+} در محلول وجود داشته و ۰/۲ مول یون Al^{3+} دیگر تولید شده؛ بنابراین مقدار مول یون آلومینیم در پایان این فرایند برابر با ۲/۲ مول است. همچنین مقدار ۰/۳ مول یون Fe^{2+} از محلول موجود در نیم‌سلول کاتدی مصرف شده و مقدار مول یون آهن در پایان این فرایند به ۱/۷ مول می‌رسد. اکنون غلظت مولی این دو کاتیون در محلول‌های آندی و کاتدی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول}}{\text{حجم}(L)} \Longrightarrow \begin{cases} M(Al^{3+}) = \frac{۲/۲}{۲} = ۱/۱\ mol.L^{-۱} \\ M(Fe^{2+}) = \frac{۱/۷}{۲} = ۰/۸۵\ mol.L^{-۱} \end{cases}$$

با توجه به محاسبات بالا، نتیجه می‌گیریم که تفاوت غلظت کاتیون در دو محلول در پایان این فرایند برابر با ۰/۲۵ مول بر لیتر خواهد شد.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

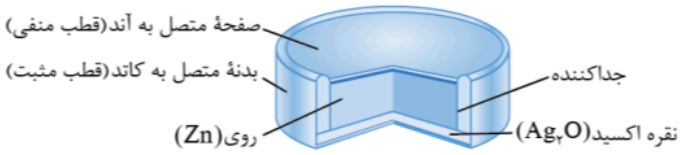
۳۳۰ اسیدهای ضعیف، به‌طور کامل یونش نیافته و غلظت یون هیدروژن در محلول آن‌ها، کمتر از غلظت اولیه اسید خواهد بود. چون نیتروواسید(HNO_2) یک اسید **تک پروتون‌دار ضعیف با Ka کوچک است**، پس به‌صورت **جزئی** در محلول خود یونش یافته و بر این اساس، غلظت یون هیدروژن در محلول یک مولار آن کمتر از ۱ مول بر لیتر بوده و به همین خاطر، از محلول یک مولار این اسید نمی‌توانیم به‌عنوان محلول الکترولیت موجود در نیم‌سلول استاندارد هیدروژن(SHE) استفاده کنیم.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲ واکنش‌پذیری فلز روی بیشتر از فلز آهن است و بر اثر قرار دادن تیغه فلز روی در محلول نقره نیترات، دمای مخلوط واکنش نسبت به هنگام استفاده از تیغه فلز آهن، بالاتر می‌رود. توجه داریم که هر دو فلز روی و آهن در سری الکتروشیمیایی، **پایین‌تر** از فلز نقره قرار دارند و بنابراین می‌توانند یون‌های نقره را کاهش داده و از محلول آن خارج کنند.

۳ اغلب عناصر نافلزی مثل کلر، اکسیژن، گوگرد و فسفر، اعداد اکسایش گوناگونی در ترکیب‌های خود دارند. علاوه بر این، **اغلب** عناصر فلزی که در دسته d قرار می‌گیرند(**عناصر واسطه**) مثل آهن، مس و کروم نیز دارای **اعداد اکسایش متفاوتی** در ترکیب‌های خود خواهند بود. البته، برخی از فلزهای واسطه مثل اسکاندیم و روی، فقط با یک **عدد اکسایش خاص** در ترکیب‌های خود ظاهر شده و فاقد اعداد اکسایش متنوع هستند.

۴ چون پتانسیل کاهشی استاندارد نقره بیشتر از مس است، در سلول گالوانی مس-نقره، فلز **نقره** در نقش **کاتد** خواهد بود. در سمت کاتد این سلول گالوانی، یون نقره در نیم‌واکنش کاهش شرکت می‌کند و فلز نقره را تولید می‌کند. باتری‌های روی-نقره، نوعی از باتری‌های **دگمه‌ای** به شمار می‌روند. ساختار این باتری‌ها نیز به‌صورت زیر است:



$$\underset{\text{گونه کاهنده}}{Zn(s)} + Ag_2O(s) \rightarrow ZnO(s) + 2Ag(s)$$
گونه اکسنده

توجه داریم که این باتری‌ها، انواعی از سلول‌های **گالوانی** به شمار رفته و در آن‌ها نیز نقره اکسید در نقش عامل اکسنده مصرف شده و فلز نقره به‌عنوان **فراورده** واکنش تولید می‌شود.

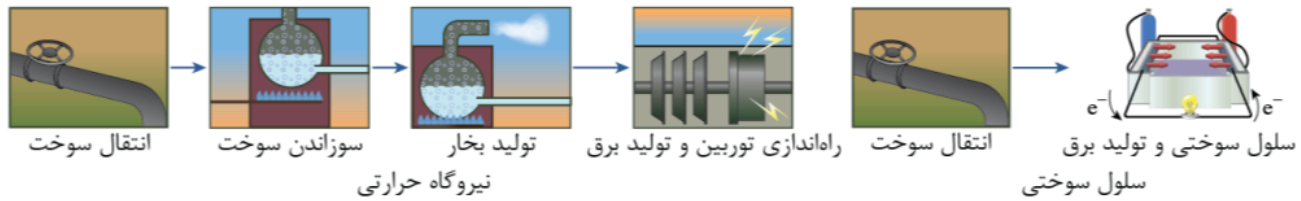
(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۳۱ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: یکی از روش‌های تبدیل انرژی شیمیایی سوخت‌ها به انرژی الکتریکی، استفاده از **سلول‌های سوختی** است. در این روش، سوخت مورد نظر به‌طور **مستقیم** وارد سلول‌های سوختی شده و انرژی شیمیایی ذخیره‌شده در آن، مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. از آن‌جا که در سلول‌های سوختی، انرژی شیمیایی سوخت‌ها به‌طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل شده و برخلاف نیروگاه‌ها، در این روش چند مرحله متوالی از تبدیل انرژی صورت نمی‌گیرد، **اتلاف انرژی** به‌صورت گرما در این روش **کمتر** است و درصد بیشتری از انرژی شیمیایی ذخیره‌شده در سوخت به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. مراحل تبدیل انرژی در سلول سوختی و نیروگاه‌های حرارتی به شرح زیر است:



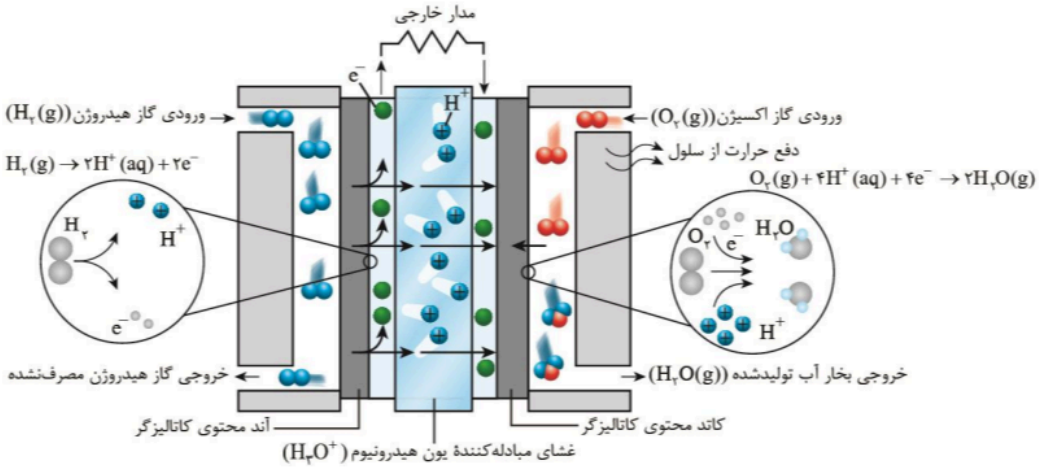
توجه داریم که در نیروگاه‌های حرارتی، **انرژی شیمیایی** موجود در سوخت موردنظر پس از سوختن به **انرژی گرمایی** تبدیل شده و با **تبخیر آب** موجود در یک مخزن(نه آب تولید شده در واکنش سوختن!)، سبب تولید بخار می‌شود. همان‌طور که گفتیم، این بخار آب در یک محفظه جداگانه تولید شده و مجزا از بخار آب حاصل از سوزاندن سوخت است. در مرحله بعد، بخار تولیدشده سبب راه‌اندازی توربین شده و **انرژی گرمایی به انرژی مکانیکی** تبدیل می‌شود. انرژی مکانیکی تولیدشده توسط توربین نیز توسط ژنراتور(دینام) به **انرژی الکتریکی** تبدیل می‌شود.

«ب»: اکسیژن یک نافلز بوده و بر این اساس، در واکنش با سایر نافلزها **ترکیب‌های مولکولی** را تولید می‌کند. بعد از فلوئور، اکسیژن نافلزترین عنصر موجود در جدول تناوبی است؛ پس به‌جز فلوئور، عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن در ترکیب با سایر عناصر موجود در جدول دوره‌ای برابر ۲- است. البته، چون خاصیت نافلزی فلوئور بیشتر از اکسیژن است، در **ترکیب‌های حاصل از واکنش میان گاز فلوئور و اکسیژن**، عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن **بزرگ‌تر از صفر** خواهد شد. جدول زیر، یون‌ها و ترکیب‌هایی را نشان می‌دهد که در آن‌ها عدد اکسایش اکسیژن بزرگ‌تر از ۲- است.

گونهٔ شیمیایی	OF_2	O_2F_2	HOF	O_2^-	O_2^{2-}	H_2O_2
عدد اکسایش O	+۲	+۱	۰	-۰/۵	-۱	-۱

«پ»: در تیغه‌های آندی و کاتدی سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن، یک **کاتالیزگر مناسب** قرار داده شده است. به‌طور کلی، کاتالیزگرها انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها را کاهش داده و باعث افزایش سرعت واکنش می‌شوند. البته، توجه داریم که استفاده از کاتالیزگرها هیچ تغییری در مقدار تغییر آنتالپی واکنش‌ها ایجاد نمی‌کنند. معادله نیم‌واکنش کاهش در سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن به‌صورت $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(g)$ بوده و بخار آب از سمت کاتد(قطب مثبت این سلول) این سلول خارج می‌شود.

تصویر زیر، نمایی از این سلول را نشان می‌دهد:



توجه داریم که از آند این سلول نیز گاز هیدروژن اضافی(گاز هیدروژن واکنش نداده) خارج می‌شود. این گاز هیدروژن، مجدداً وارد ساختار سلول سوختی شده و به مصرف می‌رسد.

«ت»: برای تأمین انرژی الکتریکی، می‌توان از واکنش‌های اکسایش-کاهش در سلول‌های گالوانی مانند باتری‌ها و سلول‌های سوختی بهره برد. سلول سوختی، واکنش‌دهنده‌های مصرف شده در خود را در ساختار خود **ذخیره نکرده است**. بر این اساس، می‌توان گفت هرچند که سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند، اما در آن‌ها نیز **پیوسته** سوخت در شرایط کنترل شده به مصرف رسیده و جریان الکتریکی برقرار می‌شود.

(مار ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۳۲ به‌خاطر **رسانایی ناچیز آب خالص**، برای برقکافت این ماده باید مقدار کمی از یک ماده الکترولیت مثل سدیم کلرید را به آن اضافه کرد. طی این فرایند، **رسانایی محلول افزایش یافته** و سرعت برقکافت بیشتر می‌شود. البته، باید توجه داشته باشیم که آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در ماده الکترولیت وارد شده به محلول مورد نظر، نباید در رقابت‌های آندی و کاتدی بر آب پیروز شوند چرا که در این صورت، از فرایند برقکافت گازهای هیدروژن و اکسیژن تولید نشده و مولکول‌های آب تجزیه نمی‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ عدد اکسایش هیدروژن در ترکیب با نافلزها برابر با ۱+ و در ترکیب با فلزها نیز برابر با ۱- است. بر این اساس، عدد اکسایش اتم کلر در ترکیب داده شده به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$HClO_4 \Rightarrow 1 + Cl + 4(-2) = 0 \Rightarrow Cl = 7$$

محدوده عدد اکسایش کلر، در بازه بین اعداد ۱- تا ۷+ است. اتم هر عنصر در حالتی با **بیشترین عدد اکسایش** خود، **فقط** می‌تواند **کاهش** پیدا کند و فقط نقش اکسنده را در واکنش‌های مختلف دارد؛ درنتیجه چون اتم کلر با بیشترین مقدار عدد اکسایش خود در ترکیب $HClO_4$ شرکت کرده است، فقط می‌تواند نقش اکسنده را داشته باشد.

۲ اگر مخلوطی از آهن(II) کلرید و منیزیم برمید مذاب را وارد سلول برقکافت کنیم، آنیون‌های موجود در مخلوط مذاب به سمت تیغه آندی حرکت کرده و برای اکسید شدن با هم رقابت می‌کنند. چون **کلر در مقایسه با برم خاصیت نافلزی**(تمایل به گرفتن الکترون و تشکیل آنیون) **بیشتری** داشته و آنیون حاصل از آن پایدارتر از آنیون برمید است، پس یون‌های برمید در نیم‌واکنش اکسایش شرکت کرده و الکترون‌های خود را از دست می‌دهند. با شرکت کردن یون‌های برمید در نیم‌واکنش اکسایش، این یون‌ها به **بخار قرمز رنگ برم** تبدیل شده و از سلول خارج می‌شوند.

۴ با توجه به پایداری بالای یون سدیم، برای تهیه فلز سدیم با استفاده از ترکیب‌های حاوی این عنصر باید انرژی زیادی مصرف کرد. در واقع، فلز سدیم یک کاهنده قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود. این عنصر فلزی در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل یون سدیم (یون Na^+) وجود دارد. این واقعیت نشان می‌دهد که **یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند**.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۳۳ در سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن، گازهای اکسیژن و هیدروژن مصرف شده و بخار آب تولید می‌شود. معادله نیم‌واکنش کاتدی در سلول مورد نظر به‌صورت زیر است:

$$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$$

با توجه به معادله نیم‌واکنش کاتدی انجام شده در این سلول، حجم گاز اکسیژن مصرف شده و جرم آب تولید شده در آن را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,L\,O_2 = 1/505 \times 10^{25}\ e^-\text{ تعداد} \times \frac{1\ mol\ e^-}{6/02 \times 10^{23}\ e^-\text{ تعداد}} \times \frac{1\ mol\ O_2}{4\ mol\ e^-} \times \frac{22/4\ L\ O_2}{1\ mol\ O_2} = 140\ L$$

$$?\,g\,H_2O = 1/505 \times 10^{25}\ e^-\text{ تعداد} \times \frac{1\ mol\ e^-}{6/02 \times 10^{23}\ e^-\text{ تعداد}} \times \frac{2\ mol\ H_2O}{4\ mol\ e^-} \times \frac{18\ g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O} = 225\ g$$

در سلول مورد نظر، ۲۲۵ گرم آب تولید شده است. برای تهیه یک نمونه ۱۰۰ گرمی از محلول ۲۸٪ جرمی منیزیم سولفات، باید ۷۲ گرم آب خالص را با ۲۸ گرم از این نمک مخلوط کنیم. بر این اساس داریم:

$$?\,g\text{ محلول} = 225\ g\,H_2O \times \frac{100\ g\text{ محلول}}{72\ g\,H_2O} = 312/5\ g$$

با توجه به محاسبات انجام شده، طی این فرایند ۳۱۲/۵ گرم محلول تولید می‌شود.

سلول‌های سوختی

در سلول‌های سوختی، یک واکنش شیمیایی در شرایط کنترل‌شده انجام می‌شود. هرچند که در رایج‌ترین نوع از سلول‌های سوختی، گاز هیدروژن به‌عنوان سوخت مصرف می‌شود، اما در برخی از انواع این سلول‌ها از سایر مواد از جمله متان نیز به‌عنوان 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 هواکره می‌کنند.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۳۴ از میان عبارت‌های داده شده، فقط عبارت (ت) نادرست است.

بررسی موارد:

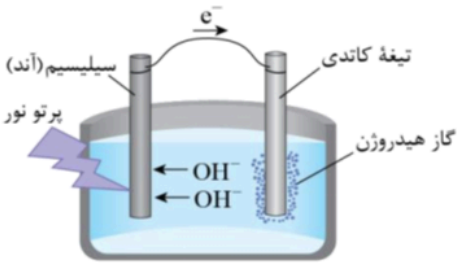
«الف»: واکنش کلی این سلول به‌صورت $Si(s) + ۲H_۲O(l) \rightarrow SiO_۲(s) + ۲H_۲(g)$ است؛ بنابراین در این سلول، **Si** در نقش **کاهنده** بوده و $H_۲O$ نقش **اکسنده** را ایفا می‌کند. سیلیسیم، یک عنصر شبه‌فلزی بوده و در گروه ۱۴ جدول دوره‌ای قرار گرفته است.

«ب»: **رایج‌ترین** سلول سوختی، سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن بوده و سوخت مصرف شده در این سلول نیز گاز $H_۲$ است که در سلول نور الکتروشیمیایی به‌عنوان **فراورده** در سمت کاتد تولید می‌شود.

«پ»: در برقکافت آب، نیم‌واکنش **کاتدی** به‌صورت زیر است:

$$۴H_۲O(l) + ۴e^- \rightarrow ۲H_۲(g) + ۴OH^-(aq)$$

بنابراین با گذشت زمان مقداری یون هیدروکسید تولید شده و **pH** محلول اطراف **کاتد** سلول **افزایش** پیدا می‌کند. این در حالی است که در سلول نور الکتروشیمیایی داده شده، با توجه به نیم‌واکنش **آندی** با معادله $Si(s) + ۲H_۲O(l) \rightarrow SiO_۲(s) + ۴H^+(aq) + ۴e^-$، مقداری یون هیدروژن تولید شده و pH محلول اطراف آند کاهش می‌یابد. با افزایش غلظت یون هیدروژن در یک محلول، غلظت یون هیدروکسید در آن محلول کاهش پیدا می‌کند. تصویر زیر، نمایی از سلول مورد نظر را نشان می‌دهد:



«ت»: باید جرم سیلیسیم مصرف شده در آند و جرم سیلیس($SiO_۲$) تولید شده در این الکترود را محاسبه کنیم تا ببینیم به ازای تولید ۷/۸۴ لیتر گاز هیدروژن، جرم تیغه آندی چگونه تغییر می‌کند. با توجه به واکنش کلی سلول مورد نظر که معادله آن به‌صورت $Si(s) + ۲H_۲O(l) \rightarrow SiO_۲(s) + ۲H_۲(g)$ است، جرم سیلیسیم مصرف شده در آند و جرم سیلیس($SiO_۲$) تولید شده در این نیم‌سلول را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Si = \underbrace{۷/۸۴\,L\,H_۲ \times \frac{۱\,mol\,H_۲}{۲۸\,L\,H_۲}}_{۰/۲۸\,mol\,H_۲} \times \frac{۱\,mol\,Si}{۲\,mol\,H_۲} \times \frac{۲۸\,g\,Si}{۱\,mol\,Si} = ۳/۹۲\,g$$

$$?\,g\,SiO_۲ = ۰/۲۸\,mol\,H_۲ \times \frac{۱\,mol\,SiO_۲}{۲\,mol\,H_۲} \times \frac{۶۰\,g\,SiO_۲}{۱\,mol\,SiO_۲} = ۸/۴\,g$$

بر اثر انجام واکنش سلول، بخشی از آند سیلیسیمی به $SiO_۲$ تبدیل می‌شود. در واقع، طی این فرایند **سیلیسیم مصرف شده** و **سیلیس تولید می‌شود**؛ بنابراین تغییر جرم تیغهٔ آندی برابر خواهد بود با:

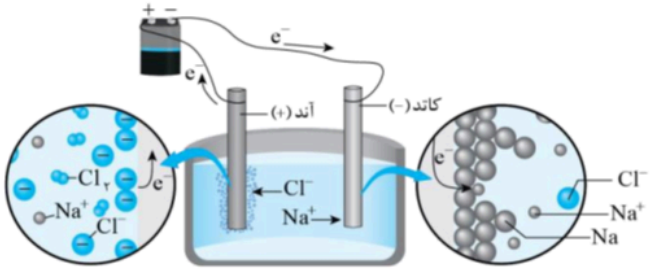
$$\text{تغییر جرم تیغه آندی} = ۸/۴ - ۳/۹۲ = ۴/۴۸\,g$$

همان‌طور که مشخص است، طی این فرایند جرم تیغه آندی به اندازه ۴/۴۸ گرم **افزایش** یافته است که با داده‌های سؤال همخوانی ندارد.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

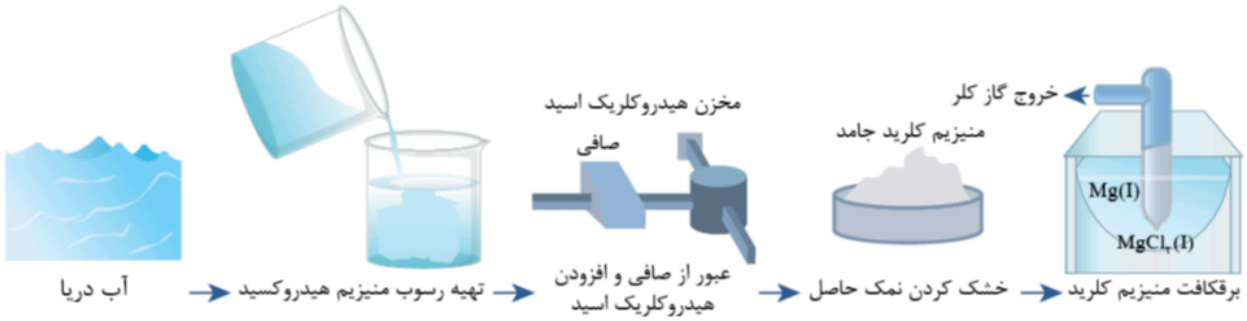
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۳۵ یون‌های Na^+ و Cl^- به‌ترتیب آرایش الکترونی گازهای نجیب دوره‌های دوم و سوم جدول تناوبی را دارند. در سلول مورد نظر، یون با آرایش الکترونی گاز نجیب دورهٔ سوم(یعنی یون Cl^-) به سمت **آند** حرکت می‌کند. **کاتیون‌های** موجود در الکترولیت نیز به سمت تیغه **کاتدی** حرکت می‌کنند. تصویر زیر، نمایی از این سلول را نشان می‌دهد:



بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ فرایند تولید فلز منیزیم از آب دریا به‌صورت زیر است:

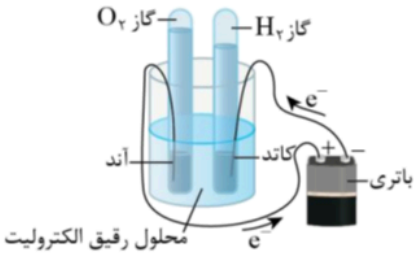


با توجه به روند نشان داده شده، در مراحل استخراج فلز منیزیم از آب دریا، **ابتدا** یک محلول **بازی** که حاوی یون هیدروکسید باشد را به آب دریا اضافه می‌کنند تا یون‌های منیزیم موجود در آب دریا در قالب **رسوب منیزیم هیدروکسید** از آن خارج شوند. پس از به‌دست آمدن منیزیم هیدروکسید جامد، در این فرایند از یک محلول **اسیدی** مثل **هیدروکلریک اسید** استفاده می‌شود. با افزودن هیدروکلریک اسید به منیزیم هیدروکسید تولید شده، **محلولی از منیزیم کلرید** به‌دست می‌آید. در مرحله بعد، منیزیم کلرید را با استفاده از روش تبلور از محلول استخراج کرده و آن را به حالت مذاب، وارد سلول برقکافت می‌کنند. با برقکافت منیزیم کلرید مذاب، فلز منیزیم به‌دست می‌آید.

۲ در سلول برقکافت آب، الکترود با **بار مثبت**، معادل با **آند** است که در سطح آن نیم‌واکنش اکسایش انجام می‌شود:

$$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$$

تصویر مقابل، نمایی از سلول برقکافت آب را نشان می‌دهد:



۳ در سلول گالوانی، هر دو الکترود در **محلول جداگانه** قرار می‌گیرند و دو محلول با استفاده از دیوارهٔ متخلخل به هم متصل می‌شوند. دیواره متخلخل، از مخلوط شدن سریع دو محلول جلوگیری می‌کند. این در حالی است که در سلول الکترولیتی، هر دو الکترود کاتد و آند **درون یک محلول** الکترولیت قرار می‌گیرند و **نیازی به استفاده از دیوارهٔ متخلخل نیست**.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۳۶ معادله واکنش خوردگی آهن به‌صورت زیر است:

$$4Fe(s) + 3O_2(g) + 6H_2O(l) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$$

با توجه به معادله این واکنش، جرم آهن مصرف شده در فرایند مورد نظر را محاسبه می‌کنیم.

$$?\ g\ Fe = 1680\ mL\ O_2 \times \frac{1\ L\ O_2}{1000\ mL\ O_2} \times \frac{1\ mol\ O_2}{22/4\ L\ O_2} \times \frac{4\ mol\ Fe}{3\ mol\ O_2} \times \frac{56\ g\ Fe}{1\ mol\ Fe} = 5/6\ g$$

توجه داریم که واکنش خوردگی آهن، طی یک فرایند دو مرحله‌ای انجام می‌شود. در مرحله اول این فرایند، اتم‌های آهن دو الکترون از دست داده و به یون Fe^{2+} تبدیل می‌شوند. چون گاز اکسیژن یک اکسنده بسیار قوی است، در مرحله بعد، هر یون Fe^{2+} مجدداً یک الکترون از دست داده و به یون Fe^{3+} تبدیل می‌شود. در واکنش‌های انجام شده، گاز اکسیژن در نقش عامل اکسنده است. معادله نیم‌واکنش کاهش اکسیژن به‌صورت زیر است:

نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط خنثی: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)\ ;\ E^\circ = +0/40V$

نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط اسیدی: $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)\ ;\ E^\circ = +1/23V$

همان‌طور که مشخص است، پتانسیل کاهشی گاز اکسیژن در محیط‌های اسیدی **مثبت‌تر** از محیط‌های خنثی است و به همین خاطر، واکنش خوردگی آهن در محیط‌های اسیدی در مقایسه با محیط‌های خنثی با سرعت بسیار بیشتری انجام می‌شود. برای جلوگیری از خوردگی یک نمونه از فلز آهن، از روش‌های زیر می‌توان استفاده کرد:

- راه‌های جلوگیری از خوردگی آهن
  - ایجاد یک پوشش سطحی کمک قلع، قیر، رنگ و ... → به‌طور کامل جلوی خوردگی آهن را نمی‌گیرد.
  - محافظت کاتدی به کمک برخی از فلزها → به‌طور کامل جلوی خوردگی آهن را می‌گیرد.

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

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - ساده)

۳۳۷ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: فلز منیزیم، کاهنده قوی‌تری نسبت به آهن بوده و فلز آهن نیز کاهنده قوی‌تری نسبت قلع است. **هرچه یک فلز کاهنده قوی‌تری باشد، یون مربوط** به آن اکسنده **ضعیف‌تری** است؛ درنتیجه ترتیب اکسندگی یون‌ها به‌صورت $Sn^{2+} > Fe^{2+} > Mg^{2+}$ خواهد بود. قدرت اکسندگی Sn^{2+} بیشتر از Fe^{2+} است، یعنی یون Sn^{2+} نسبت به یون Fe^{2+}، آسان‌تر الکترون گرفته و کاهش می‌یابد.

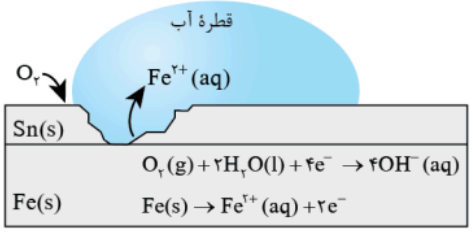
«ب»: در آند سلول مربوط به برقکافت آب، نیم‌واکنش اکسایش زیر انجام می‌شود:

$$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$$

با تولید شدن یون هیدروژن یا هیدرونیوم در این نیم‌واکنش، می‌توان گفت که اطراف آند خاصیت **اسیدی** پیدا می‌کند. با قرار دادن فلز آهن در محیط اسیدی، این فلز دچار **خوردگی** می‌شود.

«پ»: چون E° فلز منیزیم کمتر از فلز مس است، اگر یک جسم مسی را در تماس با یک قطعه از فلز منیزیم قرار بدهیم، اتم‌های منیزیم در رقابت با اتم‌های مس برای اکسایش یافتن پیروز شده و جسم مسی در برابر خوردگی **محافظت** می‌شود؛ درحالی که اتم‌های منیزیم اکسایش یافته و به مرور زمان از جرم این فلز کاسته می‌شود.

«ت»: از ورقه‌های **حلبی** برای ساختن **قوطی کنسرو و قوطی‌های روغن نباتی** استفاده می‌شود. در ساختار این ورقه‌ها، سطح فلز آهن با لایه‌ی نازکی از فلز **قلع(Sn)** پوشانده شده است. توجه داریم که در اثر ایجاد خراش در سطح این نوع آهن، فلز قلع(فلزی که پتانسیل کاهشی بزرگ‌تری دارد و قدرت کاهندگی کمتری دارد) از خوردگی محافظت شده و آهن(فلزی که پتانسیل کاهشی کوچک‌تری دارد و قدرت کاهندگی بیشتری دارد) دچار خوردگی می‌شود. تصویر زیر، یک قطعه حلبی در حال خوردگی را نشان می‌دهد:



(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

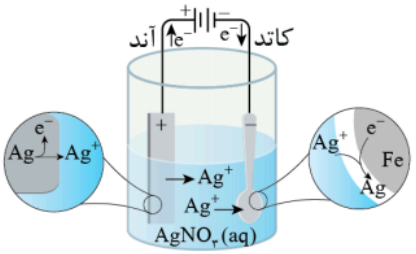
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۳۸ فلزهایی که پتانسیل استاندارد کاهشی آن‌ها بیشتر از صفر است، با محلول **اسیدها** به‌طور طبیعی **واکنش نمی‌دهند**. مس، نقره، پلاتین و طلا در سری الکتروشیمیایی بالاتر از هیدروژن قرار داشته و E° آن‌ها مثبت است. پس این فلزها با یون هیدروژن موجود در محلول اسیدها واکنش نخواهند داد. از میان این ۴ فلز، فلزهای **مس** و **نقره** با **گاز اکسیژن** موجود در هوا **واکنش می‌دهند** به گونه‌ای که فلز **مس زنگار سبزرنگ و فلز نقره اکسید تیره رنگی دارد**.

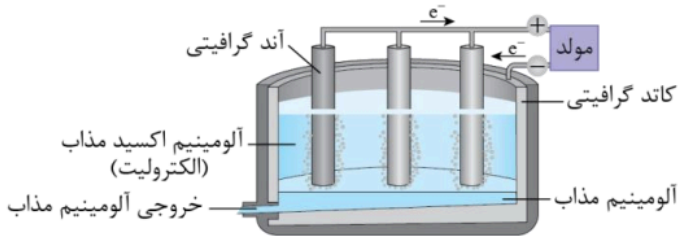
بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ برخی از عناصر فلزی مثل آلومینیم، در حضور اکسیژن **اکسایش پیدا می‌کنند اما خورده نمی‌شوند**. از این فلزها می‌توان برای ساختن وسایل گوناگونی بهره برد که برای مدت طولانی‌تری استحکام خود را حفظ می‌کنند. به‌عنوان مثال، از آلومینیم در ساخت لوازم خانگی، هواپیما، کشتی و ... استفاده می‌شود. بر این اساس، **آلومینیم** نقش کلیدی در صنایع گوناگون دارد و فناوری تولید آن بسیار ارزشمند است.

۲ اگر در سلول الکترولیتی مربوط به آبکاری اجسام فلزی با فلز نقره، جنس تیغه آندی از نقره باشد، به ازای کاهش هر یون نقره در محل کاتد، یک اتم نقره در سمت آند اکسایش پیدا می‌کند و به همین خاطر، غلظت یون نقره در محلول موجود در این سلول ثابت می‌ماند. تصویر زیر، سلول مورد استفاده برای آبکاری یک قاشق فلزی با نقره را نشان می‌دهد:



۳ در سلول الکترولیتی مربوط به سلول هال، جرم الکترود گرافیتی مربوط به آند کاهش می‌یابد. شکل زیر، سلول هال را نمایش می‌دهد:





مطابق این تصویر، **۳ میله گرافیتی** وارد شده به الکترولیت، به قطب مثبت باتری متصل شده‌اند و نقش آند را در این سلول ایفا می‌کنند. به مرور زمان جرم این سه تیغه گرافیتی در سلول هال **کاسته می‌شود** و **کربن** موجود در ساختار این میله‌ها نیز در واکنش کلی سلول مورد نظر شرکت می‌کند. بدنه و کف ظرف نیز به قطب منفی باتری شده‌اند و نقش کاتد سلول را ایفا می‌کنند. **جرم گرافیت‌های مربوط به کاتد** در سلول هال، **ثابت** بوده و تغییر نمی‌کند. در واقع، این قسمت از سلول هال در واکنش کلی سلول **شرکت نمی‌کند**.

(ماز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۴۰ به جز عبارت آخر، سایر عبارت‌ها به درستی بیان شده‌اند.

عبارت اول) در برخی از واکنش‌های شیمیایی، اتم‌های نافلزی با گرفتن یک یا چند الکترون کاهش یافته و به آنیون تبدیل می‌شوند.

عبارت دوم) نیم واکنش موازنه شدهٔ اکسایش اتم‌های اسکاندیم به صورت $Sc \rightarrow Sc^{3+} + 3e^-$ می‌باشد، که در آن الکترون ضریب ۳ داشته و در سمت راست معادله قرار می‌گیرد.

توجه! به طور کلی می‌توان گفت در نیم واکنش اکسایش، e^- سمت راست معادله و در نیم واکنش کاهش، e^- در سمت چپ معادله قرار دارد.

نیم واکنش اکسایش : گونه کاهنده $\rightarrow$ گونه اکسنده $+ e^-$

نیم واکنش کاهش : گونه اکسنده $+ e^- \rightarrow$ گونه کاهنده

عبارت سوم) حضور هم‌زمان گونه‌های اکسنده و کاهنده برای انجام یک واکنش اکسایش - کاهش لازم است، چرا که الکترون‌هایی که طی نیم واکنش اکسایش تولید می‌شوند باید در نیم واکنش کاهش مصرف شوند.

عبارت چهارم) در واکنش میان فلز روی و گاز اکسیژن، اتم‌های روی به عنوان عامل کاهنده و گاز اکسیژن به عنوان عامل اکسنده ایفای نقش می‌کنند.

نیم‌واکنش اکسایش: $\underbrace{Zn(s)}_{\text{کاهنده}} \rightarrow Zn^{2+}(s) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاهش: $\underbrace{O_2(g)}_{\text{اکسنده}} + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}(s)$

(ماراتون ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

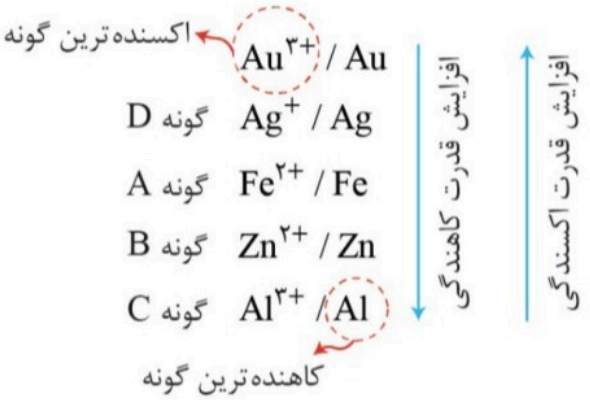
۳۴۱ ابتدا در ارتباط با انجام واکنش اکسایش - کاهش به درسنامه زیر توجه کنید.

درسنامه

تولید گرما، نشانه‌ای از انجام واکنش اکسایش - کاهش

در برخی از واکنش‌های اکسایش – کاهش، افزون بر انتقال الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود. زیرا سامانهٔ واکنش بخشی از انرژی خود را به محیط می‌دهد. برای مثال در سوختن فلزاتی مانند سدیم و پتاسیم، بخشی از انرژی به صورت نور و گرما آزاد می‌شود. در محلول‌های آبی تمایل فلزها برای از دست دادن الکترون، متفاوت است. به عبارت دیگر فلزها قدرت کاهندگی متفاوتی دارند. فلزی که قدرت کاهندگی بیشتری دارد، می‌تواند با برخی کاتیون‌های فلزی واکنش دهد و آن‌ها را به اتم‌های فلزی بکاهد. از واکنش اکسایش – کاهش بین یک فلز و یک کاتیون فلزی، بخشی از انرژی سامانه واکنش به شکل گرما آزاد شده و مخلوط واکنش گرم می‌شود. این افزایش دما، نشانه‌ای از انجام واکنش اکسایش – کاهش می‌باشد، به طوری‌که هرچه قدرت کاهندگی یک فلز بیشتر باشد، این افزایش دما بیشتر خواهد بود.

مطابق با جدول مطرح شده در صورت سؤال، فلزهای C, B, A و D به ترتیب فلزهای Fe ، Zn ، Al و Ag می‌باشند و با توجه به دماهای مطرح شده در جدول و مقایسهٔ قدرت کاهندگی به جمع‌بندی زیر می‌رسیم:



عبارت اول) در بین عناصر مطرح شده، Al قدرت کاهندگی بیشتری داشته پس دمای محلول پس از واکنش آلومینیم با Au^{3+} به یقین از دماهای مطرح شده برای سایر فلزات بیشتر است (بیشتر از $28^{\circ}C$).

عبارت دوم) باتوجه به جدول مطرح شده و جمع‌بندی بالا، Au^{3+} بیشترین قدرت اکسندگی را در مقایسه با کاتیون‌های چهار فلز دیگر دارد.

عبارت سوم) باتوجه به واکنش‌های انجام شده میان تیغه‌های فلزات مطرح شده با محلول Au^{3+}، درمی‌یابیم که بیشترین شمار الکترون مبادله شده مربوط به واکنش بین تیغه‌های Fe و Zn با این محلول است.

$$3Ag + Au^{3+} \rightarrow 3Ag^{+} + Au : 3\,mole^{-}$$

$$3Fe + 2Au^{3+} \rightarrow 3Fe^{2+} + 2Au : 6\,mole^{-}$$

$$3Zn + 2Au^{3+} \rightarrow 3Zn^{2+} + 2Au : 6\,mole^{-}$$

$$Al + Au^{3+} \rightarrow Al^{3+} + Au : 3\,mole^{-}$$

عبارت چهارم) یک کاتیون و اتم خنثی (فلز) به شـــرطی با هم واکنش می‌دهند که اتم خنثی کاهنده‌تر باشد. پس اگر تیغهٔ فلزی D یا همان نقره را درون محلولی از جنس کاتیون‌های A ، B و C قرار دهیم واکنشی انجام نمی‌شود. به عبارت دیگر می‌توان محلولی از جنس کاتیون‌های B, A و C را درون ظرفی از جنس فلز D نگهداری کرد.

(ماراتون ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۴۲ عبارت‌های دوم و سوم به درستی بیان شده‌اند.

عبارت اول) مطابق با متن کتاب درسی شیمی ۳، یکی از راه‌های بهره‌گیری از انرژی ذخیره شده در فلزها، اتصال آن‌ها در شرایط مناسب به یکدیگر است. برای نمونه با یک تیغه مسی و تیغه‌ای دیگر مثل روی و با میوه‌ای مانند لیمو می‌توان نوعی باتری ساخت و با آن یک لامپ LED را روشن کرد.

عبارت دوم) هر نیم واکنش، (چه اکسایش و چه کاهش)، هم از نظر بار الکتریکی و هم از نظر جرم باید موازنه باشد.

عبارت سوم) در عناصر دوره سوم جدول تناوبی زیرلایه‌های ۳s و ۳p از الکترون اشغال می‌شوند. پس می‌توان نتیجه گرفت که تمام زیرلایه‌های موجود در لایه‌های اول و دوم از الکترون پر شده‌اند.

$$\underset{\downarrow}{1s^2},\underset{\downarrow}{2s^2},\underset{\downarrow}{2p^6}$$

$$2(1+0)+2(2+0)+6(2+1)=24$$

حال اگر عنصر موردنظر جزو عناصر دستهٔ s دوره سوم باشد، زیرلایه ۳s در حال پر شدن است که جمع $n+l$ تمام الکترون‌ها در این حالت برابر با ۲۷ یا ۳۰ می‌باشد. پس عنصر موردنظر قطعاً مربوط به دستهٔ p در تناوب سوم بوده است.

$$\underset{\downarrow}{1s^2},\underset{\downarrow}{2s^2},\underset{\downarrow}{2p^6},\underset{\downarrow}{3s^2},\underset{\downarrow}{3p^1}$$

$$2(1+0)+2(2+0)+6(2+1)+2(3+0)+1(3+1)=34$$

عنصر مورد نظر آلومینیم است و مانند اتم‌های سایر فلزها، اغلب در نقش کاهنده ظاهر می‌شود.

عبارت چهارم) نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش در واکنش میان فلز پتاسیم و گاز کلر به صورت زیر است:

نیم واکنش اکسایش : $K(s) \rightarrow K^+(s) + e^-$

نیم واکنش کاهش : $Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(s)$

دقت شود که حالت فیزیکی یون کلرید (Cl^-) به صورت (s) است، چرا که فراورده حاصل (پتاسیم کلرید) یک ترکیب یونی جامد می‌باشد.

(ماراتون ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۴۳ **۱** نخستین عنصر جدول تناوبی که در لایه سوم اتم خود دارای ۱۸ الکترون است همان عنصر $_{29}Cu$ بوده که در واکنش با عنصری که در لایه دوم اتم خود ۷ الکترون دارد (عنصر $_{9}F$) به عنوان کاهنده ظاهر می‌شود و اکسایش می‌یابد.

$$_{29}Cu: 1s^2, 2s^2 2p^6, \underbrace{3s^2 3p^6 3d^{10}}_{\text{لایه سوم با ۱۸ الکترون}}, 4s^1$$

$$_{9}F: 1s^2, \underbrace{2s^2 2p^5}_{\text{لایه دوم با ۷ الکترون}}$$

۲ به واکنش میان تیغهٔ منیزیم و محلول مس (II) سولفات توجه کنید.

$$Mg(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow MgSO_4(aq) + Cu(s)$$

با توجه به واکنش فوق، با گذشت زمان، رسوب قرمز مس تولید می‌گردد و با مصرف یون‌های $Cu^{2+}(aq)$ از رنگ آبی محلول کاسته می‌شود.

۳ با توجه به معادله موازنه شده واکنش زیر از ۱۶ اتم Cl با بار «۱-» در واکنش‌دهنده‌ها، ۱۰ اتم Cl به مولکول Cl_2 تبدیل شده و اکسایش یافته است، یعنی در نقش کاهنده ظاهر شده‌اند:

$$2KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 5Cl_2 + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O \qquad \Rightarrow \frac{10}{16} \times 100 = \%62/5$$

۴ اگر تغییر دمای مخلوط واکنش $A + B^{2+} \rightarrow \ldots$ بیشتر از تغییر دمای مخلوط واکنش $C + B^{2+} \rightarrow \ldots$ باشد، می‌توان نتیجه گرفت که قدرت کاهندگی فلز A از C بیشتر است، پس واکنش میان A و C^{2+} به طور طبیعی انجام خواهد شد.

(ماراتون ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۴۴ همهٔ عبارت‌های مطرح شده نادرست‌اند.

آ در برخی از واکنش‌های اکسایش - کاهش افزون بر داد و ستد الکترون انرژی نیز آزاد می‌شود.

ب در بسیاری از واکنش-های اکسایش – کاهش مانند $2H_2 + O_2(g) \rightarrow 2H_2O$، شمار الکترون‌های ظرفیت اتم‌ها تغییر نمی‌کند.

پ برای انجام یک واکنش اکسایش - کاهش لزومی به وجود ترکیب یونی نیست. به عنوان مثال واکنش سوختن هیدروکربن‌ها واکنشی از نوع اکسایش - کاهش است که ترکیب یونی در آن مشاهده نمی‌شود.

ت ممکن است در یک واکنش اکسایش - کاهش، گونه‌های اکسنده و کاهنده هر دو یک عنصر باشند. مثال: در واکنش تجزیه هیدروژن پراکسید اتم‌های اکسیژن هم اکسنده و هم کاهنده هستند.

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$$

(ماراتون ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۴۵ **بررسی گزینه‌ها:**

۱ سوختن، یک واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن واکنش داده و طی آن گرما و نور آزاد می‌شود. دو فلز نخست دوره سوم جدول یعنی $_{11}Na$ و $_{12}Mg$ در اکسیژن می‌سوزند و نور و گرما تولید می‌کنند.

۲ واکنش میان فلز روی و یون V^{3+} به صورت زیر انجام می‌شود. این واکنش در صفحه ۴۲ کتاب درسی آماده است:

$$Zn(s) + 2V^{3+}(aq) \rightarrow 2V^{2+}(aq) + Zn^{2+}(aq)$$

۳ با توجه به معادله واکنش زیر می‌توان نتیجه گرفت که $_{25}Mn$ کاهنده‌تر از $_{29}Cu$ است. این واکنش در صفحه ۴۲ کتاب درسی آماده است:

$$Mn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

۴ باتری مولدی است که در آن واکنش‌های شیمیایی با سفر الکترون (واکنش‌های اکسایش – کاهش) رخ می‌دهد تا بخشی از انرژی شیمیایی – مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود.

(ماراتون ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۴۶ تنها عبارت «پ» به نادرستی بیان شده است.

ابتدا به معادله واکنش میان فلز روی با محلول مس (II) سولفات توجه کنید:

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

آ می‌توان این واکنش را به گونه‌ای انجام داد که همراه با تولید گرما، از الکترون‌های دادوستد شده برای ایجاد جریان الکتریکی استفاده کرد. چرا که قدرت کاهندگی فلز روی از مس بیشتر بوه و این واکنش به طور خود به خودی انجام می‌پذیرد.

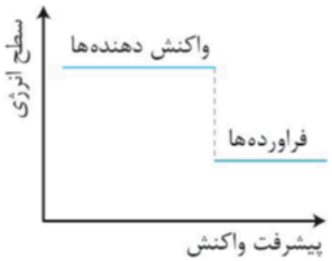
ب با گذشت زمان و انجام واکنش فوق، به تدریج از رنگ آبی محلول کاسته می‌شود زیرا یون‌های آبی‌رنگ مس (II) مصرف می‌شوند.

پ در یک واکنش اکسایش - کاهش، نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش همزمان با هم انجام می‌شوند به عبارت دیگر طی انجام این واکنش، اکسایش اتم‌های روی و کاهش یون‌های مس همزمان رخ می‌دهد:

نیم واکنش اکسایش : $Zn \rightarrow 2e^- + Zn^{2+}$

نیم واکنش کاهش : $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

ت در این واکنش همانند سوختن کامل گاز شهری، فرآورده‌های واکنش پایدارتر از واکنش دهنده‌های آن هستند به طور کلی می‌توان گفت واکنش‌های شیمیایی که به طور طبیعی انجام می‌شوند، در جهت پایداری بیشتر پیش می‌روند.



واکنش دهنده‌ها < فرآورده‌ها: مقایسه سطح پایداری ⇒

(ماراتون ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۴۷ Mg^{2+} به محلول اضافه می‌شود و Fe^{2+} از محلول جدا می‌شود.

$$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$$

$$\frac{x}{24} = \frac{0/25}{2} \Rightarrow x = 3g$$

Mg^{2+} وارد محلول می‌شود.

$$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$$

$$\frac{0/25}{2} = \frac{x'}{56} \Rightarrow x' = 7g$$

Fe^{2+} از محلول جدا می‌شود.

۴ گرم از جرم محلول کاسته می‌شود $\rightarrow$ تغییر جرم محلول $= 3 - 7 = -4$

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۴۸

$$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$$

$$Zn(s) + \underbrace{2H^+(aq) + 2Cl^-(aq)}_{4mol} \rightarrow \underbrace{Zn^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)}_{3mol} + H_2(g)$$

در این واکنش، فلز روی اکسایش یافته و کاهنده است و یون H^+ الکترون گرفته و نقش اکسنده را ایفا می‌کند. با کاهش غلظت H^+، غلظت OH^- و pH محلول افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به کمتر شدن مجموع غلظت مولی یون‌ها، رسانایی الکتریکی محلول کمتر می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۴۹



مورد «سوم»: درست است.



مورد «اول»: نادرست؛ باتری الکتریسیته را تولید می‌کند ولی مصرف نمی‌کند.
مورد «دوم»: نادرست؛ الکتروشیمی شاخه‌ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش بسزایی دارد.
مورد «چهارم»: نادرست؛ پرکاربردترین شکل انرژی در زندگی امروزی، همچنان انرژی سوخت‌های فسیلی است ولی انرژی الکتریکی پرکاربردترین شکل انرژی و به‌کارگیری فناورهایی هستند که افزایش سطح رفاه و آسایش را برای بشر امروز به‌دنبال داشته‌اند.

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - ساده)

۳۵۰



گزینهٔ ۱: درست؛ برخی نافلزها همانند کربن و یا گازهای نجیب توانایی تشکیل آنیون تک اتمی را ندارند.
گزینهٔ ۲: درست
گزینهٔ ۴: درست



گزینهٔ ۳: نادرست؛ کاتیون‌ها می‌توانند نقش کاهندگی نیز داشته باشند. برای مثال Fe^{2+} با از دست دادن یک الکترون، اکسایش یافته و به Fe^{3+} تبدیل می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud

۳۵۱

جوابش اینه

تنها نافلز مایع در دمای اتاق، عنصر برم، (Br_2) است؛ از این رو فلز قلیایی هم‌دوره با آن، عنصر پتاسیم (K) است.

گزینهٔ ۴: درست؛ هر مول KBr از مبادلهٔ یک مول الکترون میان اتم‌های K و Br تشکیل می‌شود.

نباید سراغ اینا بری

گزینهٔ ۱: نادرست؛ فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از دو عنصر پتاسیم و برم، KBr است که نسبت کاتیون به آنیون در آن برابر ۱ است.

گزینهٔ ۲: نادرست؛ در یون K^+ که به آرایش گاز نجیب $[Ar]$ می‌رسد فقط لایه‌های اول و دوم الکترونی به طور کامل پر شده‌اند. در یون Br^- که به آرایش گاز نجیب $[Kr]$ می‌رسد، لایهٔ چهارم به‌طور کامل پر نشده است.

گزینهٔ ۳: نادرست

$$Br_2(l) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(s)$$

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۵۲

جوابش اینه

عنصر مورد نظر، $_{16}S$ است.

$$_{16}S: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4 \Rightarrow 2(1+0)+2(2+0)+6(2+1)+2(3+0)+4(3+1)=46$$

مورد الف) نادرست؛ گوگرد با گرفتن دو الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب بعد از خود $[_{18}Ar]$ می‌رسد.

مورد ب) درست

مورد پ) نادرست؛ حالت فیزیکی گوگرد، جامد است. عنصر قبل از آن یعنی فسفر نیز جامد است ولی عنصر بعد از آن در جدول تناوبی یعنی کلر، گاز است.

مورد ت) درست؛ گوگرد با کاتیون مس (II) وارد رقابت نمی‌شود و نمی‌تواند الکترون از دست بدهد، پس تغییری در شدت رنگ آبی محلول رخ نمی‌دهد.

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۵۳

جوابش اینه

۱) $Al(s) + Au^{3+}(aq) \rightarrow Al^{3+}(aq) + Au(s) \sim 3e^-$

۲) $3\,Ag(s) + Au^{3+}(aq) \rightarrow 3\,Ag^+(aq) + Au(s) \sim 3e^-$

۳) $3\,Zn(s) + 2\,Au^{3+}(aq) \rightarrow 3\,Zn^{2+}(aq) + 2\,Au(s) \sim 6e^-$

۴) $Sc(s) + Au^{3+}(aq) \rightarrow Sc^{3+}(aq) + Au(s) \sim 3e^-$

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۵۴

نباید سراغ اینا بری

مورد «اول»: نادرست؛ در گذشته برای عکاسی از سوختن فلز منیزیم (Mg) به‌عنوان منبع نور استفاده می‌شود.

مورد «دوم»: نادرست؛ هرچه دو گونه کاهنده و اکسنده شرکت‌کننده در واکنش قوی‌تر باشند و یا هرچه تفاوت قدرت کاهندگی دو فلز بیشتر باشد، تغییر دمای مخلوط بیشتر است و ارتباطی با شمار الکترون‌های مبادله‌شده ندارد.

مورد «سوم»: نادرست؛ قدرت کاهندگی فلز آهن بیشتر از فلز مس است از این رو با قرار دادن الیاف آهن درون محلول مس (II) و انجام واکنش، رنگ محلول تغییر می‌کند.

مورد «چهارم»: نادرست؛ در واکنش فلز روی با $HCl(aq)$ یون کلرید نقشی در مبادلهٔ الکترون ندارد و یون تماشاچی است.

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۵۵

جوابش اینه

معادلهٔ موازنه شده واکنش چنین است:

$$۲Al(s)+۳Cu^{۲+}(aq) \rightarrow ۲Al^{۳+}(aq)+۳Cu(s)$$

باتوجه‌به معادله ۲ مول از اتم‌های Al از تیغه جدا شده و به‌ازای آن‌ها ۳ مول Cu بر سطح تیغه می‌نشینند، پس تغییر جرم تیغه به‌ازای ۳ مول مس برابر است با:

$$\text{تغییر جرم تیغه} = -(۲\times ۲۷)+(۳\times ۶۴)=۱۳۸\,g$$

بنابراین جرم تیغه افزایش می‌یابد.

$$\frac{(۰/۵۰۰\,L\times ۲M\times \frac{۸۰}{۱۰۰})mol\,Cu}{۳\,mol\,Cu}=\frac{?\,g}{\text{تغییر جرم}\ ۱۳۸\,g} \Rightarrow ?=۳۶/۸$$

$$\text{درصد تغییر جرم تیغه}=\frac{۳۶/۸}{۴۰}\times ۱۰۰=٪۹۲$$

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۵۶

جوابش اینه

معادلهٔ موازنه شده واکنش چنین است.

$$Zn(s)+۲HF(aq) \rightarrow ZnF_۲(aq)+H_۲(g)\sim ۲e^-$$

pH محلول HF تأثیری در حل سؤال ندارد؛ زیرا واکنش به شکل یک‌طرفه و برگشت‌ناپذیر انجام می‌شود و تمام غلظت اسید با فلز وارد واکنش می‌شود. از سویی باتوجه‌به اینکه در مدت‌زمان معین ولی نامعلوم شمار الکترون‌های مبادله‌شده گزارش شده است محاسبات را براساس الکترون‌ها انجام می‌دهیم؛ زیرا مشخص نیست که تغییر غلظت $HF(aq)$ چند مولار بوده است.

$$H_۲\sim ۲e^-$$

$$\frac{?\,g}{۲g}=\frac{۹/۶۳۲\times ۱۰^{۲۲}}{۲\times ۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}} \Rightarrow ?=۰/۱۶$$

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۵۷ بررسی گزینه‌ها:

گزینهٔ ۱) معادلهٔ موازنه شده به‌صورت $2FeCl_3(aq)+2KI(aq) \rightarrow 2FeCl_2(aq)+I_2(s)+2KCl(aq)$ می‌باشد و تعداد الکترون‌های مبادله‌شده برابر است با تغییرات بار الکتریکی Fe یا I در تعداد آن‌ها که برابر ۲ الکترون است.

$$\text{تعداد } e^- \text{ مبادله‌شده} : \Delta n(x)\times x \text{ تعداد} \begin{cases} \Delta n(Fe)=1 \ , \ Fe \text{ تعداد}=2 \Rightarrow 2\times1=2 \\ \Delta n(I)=1 \ , \ I \text{ تعداد}=2 \Rightarrow 2\times1=2 \end{cases}$$

گزینه‌های ۲ و ۳، با توجه به انجام‌پذیر بودن واکنش، قدرت اکسندگی و کاهندگی واکنش‌دهنده‌ها از فراورده‌ها بیشتر است.

$$\text{قدرت کاهندگی} : I^- > Fe^{2+}$$

$$\text{قدرت اکسندگی} : Fe^{3+} > I_2$$

گزینهٔ ۴) یون‌های K^+ و Cl^-، در هر دو طرف معادله به‌صورت محلول وجود دارند و غلظت آن‌ها، ثابت است، اما با مصرف $I^-(aq)$، غلظت آن در محلول کاهش می‌یابد.

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۵۸ ابتدا معادلهٔ واکنش‌ها را موازنه می‌کنیم، سپس یکی از اجزای اکسایش یا کاهش یافته را انتخاب و تغییرات عدد اکسایش آن را (Δn) در تعداد آن ضرب کنیم:

$$2Ag^+ + Cu \rightarrow 2Ag + Cu^{2+} \quad ; \quad \text{تعداد } \Delta n(Ag)\times Ag = 1\times2 = 2e^-$$

$$2Fe^{3+} + Sn^{2+} \rightarrow 2Fe^{2+} + Sn^{4+} \quad ; \quad \text{تعداد } \Delta n(Fe^{3+})\times Fe^{3+} = 1\times2 = 2e^-$$

$$2Cu^+ \rightarrow Cu + Cu^{2+} \quad ; \quad \text{تعداد } \Delta n(Cu)\times Cu = 1\times1 = 1e^-$$

$$Cr + 3Fe^{3+} \rightarrow Cr^{3+} + 3Fe^{2+} \quad ; \quad \text{تعداد } \Delta n(Cr)\times Cr = 3\times1 = 3e^-$$

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۵۹ ابتدا معادلهٔ واکنش را می‌نویسیم:

$$Zn(s)+CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq)+Cu(s)$$

به‌ازای ۱ مول Zn^{2+} که از قطعهٔ روی خارج می‌شود، یک مول اتم Cu روی آن می‌نشیند و ۱ گرم از جرم تیغهٔ روی کاسته می‌شود.

$$(-65+64=-1 g.mol^{-1})$$

$$\text{شمار مول‌های مصرفی } CuSO_4 = 1/5L\times0/2\frac{mol}{L} = 0/3\,mol$$

$$\text{کاهش جرم تیغه} = 0/3\,mol\ CuSO_4\times\frac{\text{کاهش جرم } 1g}{1mol\ CuSO_4} = 0/3\,g$$

$$\text{درصد کاهش جرم قطعهٔ روی} = \frac{0/3}{30}\times100 = 1$$

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۶۰ $\text{مقایسهٔ قدرت کاهندگی} : Al > Fe > Cu > Ag$

واکنش‌های ۱ و ۳ انجام‌ناپذیر هستند، اما در واکنش‌های ۲ و ۴، افزایش دما مشاهده می‌شود و با توجه به تفاوت بیشتر قدرت کاهندگی Al و Ag، میزان افزایش دما در واکنش ۲ بیشتر است.

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۶۱ **پاسخ خیلی تشریحی** ✔ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست‌اند.

عنصر A، دارای ۲ لایهٔ اول پُر و لایهٔ سوم با ۶ الکترون می‌باشد، پس مجموع الکترون‌های آن برابر $۲+۸+۶=۱۶$ است که همان عنصر $_{۱۶}S$ می‌باشد:

$$A \Rightarrow {}_{۱۶}S = ۱s^۲ / \underbrace{۲s^۲ ۲p^۶}_{\text{۸ الکترون در لایهٔ دوم}} / \underbrace{۳s^۲ ۳p^۴}_{\text{۶ الکترون در لایهٔ سوم}}$$

عنصر B ، دارای ۳ لایهٔ اول پر و لایه‌های چهارم و پنجم، به ترتیب با ۸ و ۱ الکترون می‌باشد؛ پس مجموع الکترون‌های آن برابر $۲+۸+۱۸+۸+۱=۳۷$ است و همان عنصر $_{۳۷}Rb$ می‌باشد:

$$B \Rightarrow {}_{۳۷}Rb: ۱s^۲ / ۲s^۲ ۲p^۶ / \underbrace{۳s^۲ ۳p^۶ ۳d^{۱۰}}_{\text{۱۸ الکترون در لایهٔ سوم}} / \underbrace{۴s^۲ ۴p^۶}_{\text{۸ الکترون در لایهٔ چهارم}} / \underbrace{۵s^۱}_{\text{یک الکترون در لایهٔ پنجم}}$$

بررسی عبارت‌ها:

- اتم عنصر گوگرد $(_{۱۶}S)$، با گرفتن دو الکترون و تشکیل یون $_{۱۶}S^{۲-}$، به آرایش گاز نجیب آرگون $(_{۱۸}Ar)$ می‌رسد:

$$_{۱۶}S^{۲-}: ۱s^۲ / ۲s^۲ ۲p^۶ / ۳s^۲ ۳p^۶ \Rightarrow \text{مشابه آرایش الکترونی گاز نجیب آرگون}$$

- فلز روبیدیم $(_{۳۷}Rb)$، جزء فلزات قلیایی است و در نتیجه واکنش‌پذیری بالایی دارد اما *هواستون باشه که* فلزهایی که در واکنش‌های اکسایش ـ کاهش شرکت می‌کنند، همواره کاهنده‌اند؛ زیرا فلزها هیچ‌وقت نمی‌توانند الکترون بگیرند و کاهش یابند (فلزها نمی‌توانند به یون منفی تبدیل شوند.)

- نیم‌واکنش کاهش اتم گوگرد به یون پایدار آن (*همون* $S^{۲-}$ *فورمون!*)، به صورت زیر است و اتم گوگرد با گرفتن دو الکترون، به یون سولفید تبدیل می‌شود:

$$S + ۲e^- \rightarrow S^{۲-}$$

- فراوردهٔ یونی حاصل از واکنش دو عنصر گوگرد و روبیدیم، روبیدیم سولفید $(Rb_۲S)$ است.

نکته شمار الکترون‌های مبادله‌شده در تشکیل هر مول از یک ترکیب یونی، برابر است با:

شمار (زیروند) آنیون × قدرمطلق بار آنیون = شمار (زیروند) کاتیون × بار کاتیون = شمار الکترون‌های مبادله‌شده

مثلاً! شمار الکترون‌های مبادله‌شده برای تشکیل یک مول $Rb_۲S$ را می‌توانیم به صورت زیر حساب کنیم:

$$\text{تعداد } e^- \text{ مبادله‌شده} = \underbrace{۱}_{\text{بار کاتیون}} \times \underbrace{۲}_{\text{زیروند کاتیون}} \quad \text{یا} \quad \underbrace{|-۲|}_{\text{قدرمطلق بار آنیون}} \times \underbrace{۱}_{\text{زیروند آنیون}} = ۲mole^-$$

(خیلی سبز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۶۲ پاسخ خیلی تشریحی ✔ در واکنش فلز آلومینیم (Al) با محلول هیدروکلریک اسید (HCl)، گاز هیدروژن و نمک $AlCl_3$ تولید می‌شود:

$$2Al(s)+6HCl(aq)\rightarrow 2AlCl_3(aq)+3H_2(g)$$

توجه کنید که در این واکنش یون Cl^- نه الکترون گرفته و نه الکترون از دست داده و *به‌هورایی نقش تماشاچی رو داره*، پس واکنش کلی رو *می‌تونیم* به صورت زیر بنویسیم:

$$\underset{\text{کاهنده}}{2Al(s)}+\underset{\text{اکسنده}}{6H^+(aq)}\rightarrow 2Al^{3+}(aq)+3H_2(g)$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\text{ضریب گونهٔ اکسنده}}{\text{ضریب گاز } H_2}=\text{ضریب گونهٔ کاهنده}\Rightarrow \frac{6}{3}=2$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ (۱): در واکنش فلز سدیم با گاز کلر، فلز سدیم (Na) اکسایش می‌یابد و نقش کاهنده را دارد و گاز کلر کاهش می‌یابد و نقش اکسنده را دارد.

معادلهٔ موازنه‌شده‌ش این‌جوریاس:

$$\underset{\text{کاهنده}}{2Na(s)}+\underset{\text{اکسنده}}{Cl_2(g)}\rightarrow 2NaCl(s)$$

حالا باید ببینیم اگر ۱۴۲ گرم سدیم مصرف شود، چند گرم فراورده تولید می‌شود.

یه‌جور دیگه

استفاده از کسر تبدیل:

$$142gNa\times\frac{1molNa}{23gNa}\times\frac{2molNaCl}{2molNa}\times\frac{58/5gNaCl}{1molNaCl}\simeq 361g\ NaCl$$

استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}_{Na}}=\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}_{NaCl}}\Rightarrow\frac{142}{2\times23}=\frac{x}{2\times58/5}\Rightarrow x\simeq 361g$$

گزینهٔ (۲): در این واکنش Cr به Cr^{3+} اکسایش و Fe^{3+} به Fe^{2+} کاهش یافته است.

نیم‌واکنش اکسایش : $Cr\rightarrow Cr^{3+}+3e^-$

نیم‌واکنش کاهش : $Fe^{3+}+e^-\rightarrow Fe^{2+}$

حالا برای این‌که تعداد الکترون‌ها در دو نیم‌واکنش برابر شود، نیم‌واکنش کاهش را در ۳ ضرب می‌کنیم:

$$Cr\rightarrow Cr^{3+}+3e^-$$

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

واکنش کلی : $\underset{\substack{\text{کاهنده}\\(\text{اکسایش یافته})}}{Cr}+\underset{\substack{\text{اکسنده}\\(\text{کاهش یافته})}}{3Fe^{3+}}\rightarrow Cr^{3+}+3Fe^{2+}$

مجموع ضریب گونهٔ اکسنده (Fe^{3+}) و گونهٔ اکسایش‌یافته (Cr) برابر ۴ است.

گزینهٔ (۴): درسته که اغلب نافلزها اکسنده هستند اما تعداد یون‌های با بار همنام ممکن است در دو سمت معادلهٔ واکنش برابر نباشند، مثلاً در واکنش فلز Al با HCl(aq)، تعداد کاتیون‌ها در سمت چپ و راست با هم برابر نیست. (سمت واکنش‌دهنده‌ها شش‌تا H^+ داریم اما سمت فراورده‌ها دوتا Al^{3+})

$$2Al(s)+6H^+(aq)\rightarrow 2Al^{3+}(aq)+3H_2(g)$$

(خیلی سبز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۶۴ پاسخ خیلی تشریحی اگر فلز مجهول ما، یکی از بین گزینه‌های(۲)، (۳) و (۴) باشد (یعنی Fe، Mn یا Sn) در محصولات، یون ۲+ تشکیل می‌دهد. بیایید اول این ۳ گزینه را بررسی کنیم.

عنصر مورد نظر را X در نظر می‌گیریم و معادلهٔ واکنش آن را می‌نویسیم:

$$X(s)+CuSO_4(aq)\rightarrow XSO_4(aq)+Cu(s)$$

طبق معادله، به ازای هر مول $CuSO_4$ (در صورت کامل در نظر گرفتن واکنش)، ۱ مول فلز X به جرم M گرم مصرف شده و ۱ مول مس به جرم ۶۴ گرم تولید می‌شود، بنابراین با انجام واکنش، $M-64$ گرم به جرم تیغه افزوده می‌شود. بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{افزایش جرم}=500mL\times\frac{1L}{1000mL}\times\frac{0/3molCuSO_4}{1LCuSO_4}\times\frac{(64-M)g}{1molCuSO_4}=1/35g$$

$$0/15(64-M)=1/35\Rightarrow 9/6-0/15M=1/35\Rightarrow M=\frac{8/25}{0/15}=55g.mol^{-1}$$

بنابراین فلز مورد نظر Mn با جرم مولی ۵۵ گرم بر مول می‌باشد.

به جواب که رسیدیم ولی بیایید گزینهٔ (۱) رو هم با هم بررسی کنیم.

اگر فلز مورد نظر Al باشد، در محصولات یون ۳+ تشکیل می‌دهد. پس معادلهٔ موازنه‌شدهٔ آن به صورت زیر خواهد بود:

$$2Al(s)+3CuSO_4(aq)\rightarrow 1Al_2(SO_4)_3(aq)+3Cu(s)$$

تغییر جرم به ازای ۳ مول $CuSO_4=3\times64-2\times27=138g$

حالا می‌بینیم که تغییر جرم تیغه، برابر ۶/۹ گرم می‌شود نه ۱/۳۵ گرم.

$$\text{تغییر جرم}=500mL\times\frac{1L}{1000mL}\times\frac{0/3molCuSO_4}{1LCuSO_4}\times\frac{138g\ \text{تغییر جرم}}{3molCuSO_4}=6/9g$$

(خیلی سبز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

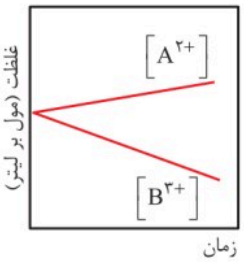
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۶۵ پاسخ خیلی تشریحی ✔ عبارت‌های اول و دوم نادرست‌اند.

وقتی تیغه‌ای را در محلولی قرار دهیم و واکنش به طور خودبه‌خودی انجام شود، غلظت کاتیون‌های فراورده افزایش و غلظت کاتیون‌های واکنش‌دهنده کاهش می‌یابد؛ بنابراین در نمودارهای غلظت ـ زمان این سلول‌ها، کاتیون واکنش‌دهنده که در معادلهٔ کلی واکنش مصرف می‌شود روند نزولی داشته و کاتیون فراورده که تولید می‌شود، روند صعودی دارد.

بررسی عبارت‌ها:

با توجه به نمودار زیر، غلظت A^{2+} در حال افزایش و غلظت B^{3+} در حال کاهش بوده و A^{2+} و B^{3+} به ترتیب کاتیون‌های مربوط به فراورده و واکنش‌دهنده می‌باشند. به عبارت دیگر واکنش کلی به صورت زیر است:

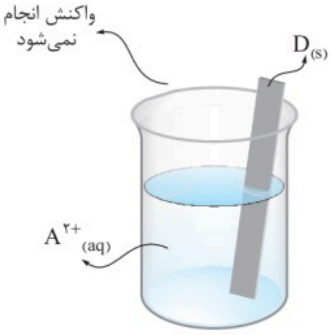


$$A(s) + B^{3+}(aq) \rightarrow A^{2+}(aq) + B(s)$$

حالا معادلهٔ واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$\overset{\text{کاهنده}}{3A(s)} + 2\overset{\text{اکسنده}}{B^{3+}}(aq) \rightarrow 3A^{2+}(aq) + 2\overset{\text{رسوب}}{B(s)} \Rightarrow \text{تفاوت ضریب A و B} = 3-2 = 1$$

طبق نمودارهای داده‌شده، قدرت کاهندگی A از B و C و همچنین قدرت کاهندگی B از C و D بیشتر است، زیرا در هر واکنش A و B نقش کاهندهٔ قوی‌تر را ایفا کرده‌اند. بنابراین با توجه به این‌که ترتیب قدرت کاهندگی به صورت $A > B > D$ است، اگر تیغه‌ای از فلز D را در محلول A^{2+} قرار دهیم، واکنش انجام نخواهد شد! زیرا هر چه فلزی قدرت کاهندگی بیشتری داشته باشد، کاتیون آن، تمایل کم‌تری برای گرفتن الکترون دارد.



با توجه به نمودارها، قدرت کاهندگی B از C و D بیشتر بوده و با قراردادن تیغه‌ای از جنس فلز B در هر یک از محلول‌های آبی D^{+} و C^{2+}، فلز B الکترون‌های خود را به کاتیون‌های D^{+} و C^{2+} (در ظرف‌های جداگانه) *تقسیم می‌کند*. پس از دریافت الکترون‌ها توسط کاتیون‌های موجود در محلول‌ها (C^{2+}, D^{+})، اتم‌های D و C روی تیغهٔ B رسوب کرده و جرم تیغه تغییر خواهد کرد.

قدرت کاهندگی B بیشتر از C می‌باشد؛ پس واکنش بین یک کاهندهٔ ضعیف‌تر با یک اکسندهٔ ضعیف‌تر انجام نمی‌شود.

$C + B^{3+} \rightarrow$ به طور طبیعی انجام نمی‌شود.

(خیلی سبز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۶۶ بررسی گزینه‌های نادرست: گزینهٔ «۱»: در واکنش $2Sn + O_2 \rightarrow 2SnO$ ($Sn: 0 \rightarrow +2$)، قلع دچار اکسایش شده و نقش کاهنده را دارد.

ولی در واکنش $SnCl_2 + F_2 \rightarrow SnF_2 + Cl_2$ ($Sn: +2 \rightarrow +2$)، قلع دچار تغییر عدد اکسایش نشده است.

گزینهٔ «۲»: نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش به‌طور همزمان رخ می‌دهند، نه یکی پس از دیگری!

گزینهٔ «۴»: در واکنش فلز روی با محلول HCl، اتم‌های روی دچار اکسایش می‌شوند و باعث کاهش یون‌های H^+ به H_2 می‌شوند (گاز هیدروژن آزاد می‌شود.) $Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۶۷ الف) درست

ب) درست – گونه کاهنده فلز Mg است که ۳ زیرلایه با ۲ الکترون دارد.

$_{12}Mg: 1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2$

پ) نادرست

$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO \rightarrow$ مجموع ضرایب $= 5$

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \rightarrow$ مجموع ضرایب $= 6$

ت) نادرست

$$?molMgO = 6/02\times10^{23}e^- \times \frac{1mole^-}{6/02\times10^{23}e^-} \times \frac{1molMg^{2+}}{2mole^-} \times \frac{1molMgO}{1molMg^{2+}} = 0/5mol$$

ث) درست – فراورده سوختن منیزیم، MgO است و طبق واکنش زیر CO_2 را به ماده معدنی تبدیل می‌کند.

$MgO + CO_2 \rightarrow MgCO_3$ (منیزیم کربنات)

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۶۸ بررسی موارد:

الف) نادرست است، با کاهش یافتن اکسیژن، هر اتم آن دو الکترون می‌گیرد و مولکول آن مجموعاً ۴ الکترون دریافت خواهد کرد.

ب) نادرست است. واکنش تولید نقره کلرید، از نوع جایگزینی می باشد و یون نقره و سدیم جای خود را عوض می‌کنند.

پ) صحیح است. این واکنش از نوع اکسایش – کاهش بوده و به ترتیب اتم‌های کلسیم و کلر اکسایش و کاهش می‌یابند.

ت) صحیح است. مولکول کلر به‌صورت دو اتمی بوده و هر اتم آن با گرفتن یک الکترون کاهش می‌یابد.

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۶۹ واکنش انجام شده به شکل روبه‌رو است: $4Al(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Al_2O_3(s)$

بررسی گزینه‌ها:

گزینهٔ «۱»: دقت شود که اتم آلومینیم (Al) فقط یک کاتیون پایدار تشکیل می‌دهد بنابراین در نام‌گذاری ترکیبات یونی آن از اعداد رومی استفاده نمی‌شود.

گزینهٔ «۲»: با انجام این واکنش پیوند کووالانسی در مولکول O_2 شکسته می‌شود و پیوند یونی بین یون‌های Al^{3+} و O^{2-} تشکیل می‌شود.

گزینهٔ «۳»: دقت شود حالت فیزیکی یون آلومینیم به شکل جامد است و نه محلول در آب، بنابراین شکل صحیح نیم‌واکنش اکسایش به شکل $Al(s) \rightarrow Al^{3+}(s) + 3e^-$ است.

گزینهٔ «۴»: اتم آلومینیم با از دست دادن ۳ الکترون به آرایش پایدار گاز نجیب نئون می‌رسد.

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۷۰ بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: نادرست – ممکن است برخی از کاتیون‌های فلزی که قدرت اکسندگی بیشتری دارند به اتم‌های فلز کاهش یابند.

عبارت دوم: نادرست – ممکن است در یک واکنش اکسایش و کاهش، هر دو یک عنصر باشند. به عنوان مثال در واکنش زیر اتم‌های نیتروژن هم با کاهش و هم با افزایش عدد اکسایش همراهند.

$$NO(g) + NO_2(g) + 2NH_3(g) \rightarrow 2N_2(g) + 3H_2O(g)$$

عبارت سوم: نادرست – در برخی از واکنش‌های اکسایش - کاهش، افزون بر دادوستد الکترون، انرژی (گرما) نیز آزاد می‌شود.

عبارت چهارم: نادرست – جهت انجام یک واکنش اکسایش و کاهش، لزومی به وجود ترکیب یونی در اجزای شرکت‌کننده واکنش نیست، به عنوان مثال در این واکنش هیچ ترکیب یونی مشاهده نمی‌شود.

$$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$$

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۷۱ موارد «ب» و «ث» درست هستند. بررسی موارد نادرست:

مورد الف): گونهٔ B اکسیژن $(_8O)$ است که واکنش‌پذیری کمتری نسبت به $_9F$ دارد.

مورد پ): فرمول شیمیایی ترکیب یونی حاصل از A^{2+} و B^{2-}، به‌صورت AB می‌باشد. (توجه داشته باشید که استفاده از مولکول برای ترکیبات یونی نادرست می‌باشد.)

مورد ت): B عنصری نافلزی است و در این واکنش با گرفتن الکترون از عنصر A، کاهش یافته است.

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۷۲ - گونهٔ اکسنده گونه‌ای است که با گرفتن الکترون، کاهش یافته است.

- گونهٔ کاهنده گونه‌ای است که با از دست دادن الکترون، اکسایش یافته است. ← واکنش‌ها را موازنه می‌کنیم:

$$\overset{0}{\boxed{}} \xrightarrow{2\uparrow} \overset{+2}{\boxed{}}$$

$$2\overset{+1}{\boxed{Ag^+}}(aq) + 1\overset{0}{\boxed{Cu}}(s) \rightarrow 2\overset{0}{\boxed{Ag}}(s) + 1\overset{+2}{\boxed{Cu^{2+}}}(aq) \Rightarrow \frac{\text{ضریب اکسنده}}{\text{ضریب کاهنده}} = \frac{2}{1} = 2$$

$$\overset{+1}{\boxed{}} \xrightarrow{1\downarrow} \overset{0}{\boxed{}}$$

$$\overset{0}{\boxed{}} \xrightarrow{3\uparrow} \overset{+3}{\boxed{}}$$

$$1\overset{0}{\boxed{Cr}}(s) + 3\overset{+3}{\boxed{Fe^{3+}}}(aq) \rightarrow 1\overset{+3}{\boxed{Cr^{3+}}}(aq) + 3\overset{+2}{\boxed{Fe^{2+}}}(aq) \Rightarrow \frac{\text{ضریب اکسنده}}{\text{ضریب کاهنده}} = \frac{3}{1} = 3$$

$$\overset{+3}{\boxed{}} \xrightarrow{1\downarrow} \overset{+2}{\boxed{}}$$

$$Cr + 3Fe^{3+} \rightarrow Cr^{3+} + 3Fe^{2+}$$

$$\overset{0}{\boxed{}} \xrightarrow{2\uparrow} \overset{+2}{\boxed{}}$$

$$1\overset{0}{\boxed{Zn}}(s) + 2\overset{+3}{\boxed{V^{3+}}}(aq) \rightarrow 1\overset{+2}{\boxed{Zn^{2+}}}(aq) + 2\overset{+2}{\boxed{V^{2+}}}(aq) \Rightarrow \frac{\text{ضریب اکسنده}}{\text{ضریب کاهنده}} = \frac{2}{1} = 2$$

$$\overset{+3}{\boxed{}} \xrightarrow{1\downarrow} \overset{+2}{\boxed{}}$$

$$\overset{0}{\boxed{}} \xrightarrow{3\uparrow} \overset{+3}{\boxed{}}$$

$$2\overset{0}{\boxed{Al}}(s) + 3\overset{+2}{\boxed{Cu^{2+}}}(aq) \rightarrow 2\overset{+3}{\boxed{Al^{3+}}}(aq) + 3\overset{0}{\boxed{Cu}}(s) \Rightarrow \frac{\text{ضریب اکسنده}}{\text{ضریب کاهنده}} = \frac{3}{2} = 1/5$$

$$\overset{+2}{\boxed{}} \xrightarrow{2\downarrow} \overset{0}{\boxed{}}$$

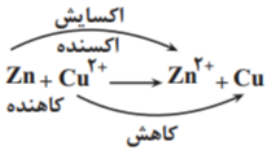
(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۷۳ موارد الف و پ درست است.

بررسی موارد:

الف) با توجه به واکنش زیر، فلز روی عامل کاهنده و یون مس عامل اکسنده است.



ب) با توجه به واکنش فوق، به تدریج از غلظت یون مس (Cu^{2+}) و شدت رنگ آبی محلول کاسته می‌شود. همچنین به ازای کاهش یک مول $(Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu)Cu^{2+}$، ۶۴ گرم به جرم تیغه فلز روی افزوده می‌شود و همزمان با اکسایش یک مول $(Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-)Zn$، ۶۵ گرم از جرم تیغه کم می‌شود که در نتیجه می‌توان گفت با جابه‌جایی دو مول الکترون، مجموعاً یک گرم از جرم تیغه کاسته می‌شود.

پ) با توجه به این نکته که رسوب سرخ‌رنگ مس بر روی تیغهٔ روی تشکیل می‌شود. بنابراین با فرض کامل بودن این فرایند، کاهش جرم حداقلی تیغهٔ فلزی به ازای واکنش هر مول فلز روی برابر ۱ گرم است:

$$۳۲۵\,g\,Zn \times \frac{۱\,mol\,Zn}{۶۵\,g\,Zn} \times \frac{۱\,g\,\text{کاهش جرم}}{۱\,mol\,Zn} = ۵\,g\,\text{کاهش جرم}$$

ت) $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۷۴ تنها مورد چهارم نادرست است.

ترموشیمی (گرماشیمی) شاخه‌ای از علم شیمی است که به بررسی انرژی مبادله شده در واکنش‌های شیمیایی می‌پردازد نه الکتروشیمی.(نادرستی مورد چهارم)

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۷۵ موارد اول و سوم به درستی بیان شده‌اند. بررسی موارد:

مورد اول) از آنجا که قدرت کاهندگی **D** از **C** بیشتر است. پس واکنش بین فلز **D** و نمک‌های فلز **C** قابل انجام است. این واکنش گرماده است و گرما از سامانه به محیط جاری می‌شود.

مورد دوم) اولین فلز دستهٔ **p** همان فلز آلومینیم است ولی دقت کنید که فلز آلومینیم واکنش‌پذیری و قدرت کاهندگی بیشتری از فلز مس دارد.

مورد سوم) از آنجا که قدرت کاهندگی فلز **A** از سه فلز دیگر بیشتر است، پس می‌توان نمک‌های حاوی کاتیون آن را در ظرف‌هایی از جنس سه فلز دیگر **B** و **C** و **D** نگهداری کرد.

مورد چهارم) به دلیل انجام‌پذیری واکنش بین نمک فلز **B** و فلز **M** قدرت کاهندگی فلز **B** از **M** کمتر است ولی دقت کنید که ممکن است قدرت کاهندگی فلز **M** از **D** بیشتر باشد و در نتیجه واکنش بین نمک فلز **M** و فلز **D** انجام نشود.

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۷۶ با توجه به قدرت کاهندگی سه فلز $V > Mn > Al$، قدرت اکسندگی کاتیون‌های این سه فلز به‌صورت زیر خواهد شد: $V^{2+} > Mn^{2+} > Al^{3+}$

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۷۷ موارد ب و پ نادرست هستند.

- توضیح مورد ب: نیم‌واکنش مربوط به کاهش است نه واکنش!
- توضیح مورد پ: عنصر مد نظر $_{۳۰}Zn$ است که تنها یون پایدار آن Zn^{2+} است و فقط از الکترون‌های لایهٔ چهارم خود $(4s^2)$ جهت اکسایش بهره می‌برد.
- مورد الف درست است چون هر چه افزایش دمای محلول بیشتر باشد واکنش گرماده‌تر است و انرژی سامانه کاهش یافته و فراورده‌های پایدارتر ایجاد می‌شود.
- مورد ت درست است، گونه‌ای که e از دست می‌دهد مثبت‌تر می‌شود که به منزلهٔ اکسایش آن‌گونه است.

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۷۸ فقط مورد (ت) درست است.

بررسی موارد:

الف) قدرت کاهندگی فلز Al از فلز Cu بیشتر بوده و در نتیجه قرار دادن تیغه Al در محلول $CuSO_4$ باعث افزایش دما می‌شود.

توجه داشته باشید که بخشی از انرژی سامانه واکنش به شکل گرما به محیط داده می‌شود نه همهٔ آن!

ب) در واکنش $2Zn(s)+O_2(g)\rightarrow 2ZnO(s)$، نیم‌واکنش کاهش به‌صورت $O_2(g)+4e^-\rightarrow 2O^{2-}(s)$ بوده و مجموع ضرایب گونه‌های شرکت‌کننده در آن برابر ۷ است.

پ) در این واکنش یون Fe^{2+} اکسید شده و به یون Fe^{3+} تبدیل می‌شود پس نقش کاهنده را دارد.

ت) ابتدا معادله را موازنه می‌کنیم.

$$2KMnO_4+16HCl\rightarrow 5Cl_2+2MnCl_2+2KCl+8H_2O$$

کلرهای اکسید شده به‌صورت Cl_2 در می‌آید پس از هر ۱۶ یون Cl^-، ۱۰ مورد اکسید شده و به Cl_2 تبدیل می‌شود.

$$\frac{\text{تعداد یون‌های کلرید اکسیدشده}}{\text{تعداد } Cl^- \text{ اولیه}}\times 100=\frac{10}{16}\times 100=\%62/5$$

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۷۹

$$3/01\times 10^{23}e^-\times\frac{1mole^-}{6/02\times 10^{23}e^-}=0/5mole^-$$

$$0/5mole^-\times\frac{1molNi}{2mole^-}=\frac{1}{4}molNi\rightarrow Ni=\frac{1}{4}\times 58=14/5g$$ از جرم تیغه کم می‌شود

$$0/5mole^-\times\frac{1molAg}{1mole^-}=\frac{1}{2}molAg\rightarrow Ag=\frac{1}{2}\times 108=54g$$

$54\times\frac{20}{100}=10/8g$ به جرم تیغه اضافه می‌شود.

$$\text{تغییرات جرم تیغه}=10/8-14/5=-3/7g\rightarrow$$

بنابراین ۳/۷ گرم از جرم تیغه کم می‌شود.

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۸۰ واکنش سؤال:

$$2Al+3CuSO_4\rightarrow 1Al_2(SO_4)_3+3Cu$$

علت افزایش جرم تیغه موجود در ظرف اختلاف جرم مس تولید شده و آلومینیم مصرف شده است که در این واکنش به ازای ۲ مول مصرف آلومینیم (۵۴ گرم)، ۳ مول فلز مس (۱۹۲ گرم) تولید می‌شود و اختلاف این دو مقدار به‌دست آمده برابر افزایش جرم تیغه می‌باشد که برابر ۱۳۸ گرم خواهد بود.

حال به ازای چند مول آلومینیم جرم تیغه ۲۷/۶ گرم افزایش خواهد داشت؟

$$27/6gr\div 138\frac{gr}{mol}=0/2mol$$

با توجه به مطالب فوق که به ازای ۳ مول محلول و ۲ مول آلومینیم، ۱۳۸ گرم اختلاف جرم تیغه پدید می‌آید، پس به ازای ۲۷/۶ گرم تغییر جرم تیغه (که برابر ۰/۲ مول می‌باشد.) ۰/۴ مول آلومینیم و ۰/۶ مول محلول مس (II) سولفات مصرف می‌گردد که برای محاسبه غلظت مصرفی باید مقدار مول را بر حجم محلول که برابر ۲ لیتر است تقسیم کنیم:

$$0/6mol\div 2L=0/3mol.L^{-1}$$

پس اگر غلظت نهایی محلول برابر $1/7mol.L^{-1}$ باشد، غلظت اولیه برابر ۲ مول بر لیتر خواهد بود و مقدار مول مصرفی آلومینیم برابر ۰/۴ مول خواهد بود.

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸۱ معادلهٔ موازنه شده واکنش به‌صورت زیر است:

$$nCr(s)+۳X(NO_۳)_n(aq)\rightarrow nCr(NO_۳)_۳(aq)+۳X(s)$$

در واکنش فوق به ازای مبادله $۳n$ مول الکترون، n مول از فلز کروم مصرف شده و ۳ مول از فلز X تولید می‌شود.

حال جرم مصرف شده از فلز کروم و جرم تولید شده از فلز X را محاسبه می‌کنیم:

$$?gCr=۵/۴۱۸\times۱۰^{۲۳}e^-\times\frac{۱mole^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-}\times\frac{n molCr}{۳n mole^-}\times\frac{۵۲gCr}{۱mol Cr}=۱۵/۶g$$

$$?gX=۵/۴۱۸\times۱۰^{۲۳}e^-\times\frac{۱mole^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-}\times\frac{۳molX}{۳n mole^-}\times\frac{m_Xg}{۱molX}=۰/۹\frac{m_X}{n}g$$

به ازای مصرف فلز کروم از جرم تیغه کاسته شده و با رسوب فلز X روی تیغـه بـه جرم آن افزوده می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$(۰/۹\frac{m_X}{n}\times\frac{۶۰}{۱۰۰})-۱۵/۶=۳۵\times\frac{۴۸}{۱۰۰}\Rightarrow\frac{m_X}{n}=۶۰$$

بنابراین نسبت عددی جرم مولی فلز x به n برابر با ۶۰ است.

(قلمچی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۸۲ با توجه به E° های داده شده، می‌توان نوشت:

قدرت کاهندگی : $Fe>Cu>Ag$

قدرت اکسندگی : $Fe^{۲+}<Cu^{۲+}<Ag^+$

بنابراین عبارت‌های «ب» و «پ» درست‌اند.

بررسی همه عبارت‌ها:

الف) در سلول گالوانی تشکیل شده از نیم‌سلول‌های مس و نقره، مس آند و نقره، کاتد است. بنابراین آنیون‌ها به سمت نیم‌سلول مس (آند)، حرکت می‌کنند.

ب) طبق مقایسه انجام گرفته درست است.

پ)

سلول گالوانی : $Cu-Ag$ (کاتد: Ag، آند: Cu)	سلول گالوانی : $Fe-Cu$ (کاتد: Cu، آند: Fe)
$emf_۲=E^\circ_{کاتد}-E^\circ_{آند}$	$emf_۱=E^\circ_{کاتد}-E^\circ_{آند}$
$emf_۲=۰/۸-۰/۳۴=۰/۴۶V$	$emf_۱=۰/۳۴-(-۰/۴۴)=۰/۷۸V$

بنابراین:

$$emf_۱<۲emf_۲\rightarrow ۰/۷۸<۲(۰/۴۶)$$

ت) به دلیل این که قدرت کاهندگی مس از نقره بیش‌تر است، در نتیجه فلز مس نسبت به فلز نقره تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون دارد.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸۳ واکنش بین تیغهٔ آلومینیم و محلول Cu^{2+} به‌صورت زیر است:

$$2Al(s) + 3Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3Cu(s)$$

همان‌طور که در واکنش موازنه شده مشخص است در این واکنش با مصرف ۳ مول یون Cu^{2+}، ۲ مول یون Al^{3+} تولید می‌شود و در نهایت تعداد مول یون‌های درون ظرف، ۱ مول کاهش می‌یابد. بنابراین جرم Al مصرف شده به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{مصرف شده } Al = ۳/۶۱۲\times۱۰^{۲۳}\ \text{یون} \times \frac{۱\,\text{mol یون}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ \text{یون}} \times \frac{۲\,\text{mol Al}}{۱\,\text{mol یون}} \times \frac{۲۷\,\text{g Al}}{۱\,\text{mol Al}} = ۳۲/۴\,\text{g Al}$$

جرم Al باقی‌مانده برابر است با:

$$\text{جرم } Al \text{ اولیه} - \text{جرم } Al \text{ مصرف شده} = \text{جرم } Al \text{ باقی‌مانده (دست‌نخورده)} \rightarrow \text{باقی مانده } Al = ۵۴ - ۳۲/۴ = ۲۱/۶\,\text{g}$$

درصد جرمی تیغه‌ی آلومینیمی باقی‌مانده به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد } Al \text{ باقی‌مانده} = \frac{\text{جرم } Al \text{ باقی‌مانده}}{\text{جرم اولیه } Al} \times ۱۰۰ = \frac{۲۱/۶}{۵۴} \times ۱۰۰ = \%۴۰$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۸۴ مقایسه قدرت کاهندگی و اکسندگی گونه‌ها به‌صورت زیر است:

$$\text{قدرت کاهندگی}: D > C^{2+} > B > A$$

$$\text{قدرت اکسندگی}: D^{3+} < C^{3+} < B^{2+} < A^{+}$$

بررسی سایر عبارت‌ها:

۱) مطابق مقایسه انجام گرفته، این عبارت درست است.

۲) در سلول گالوانی $(B-A)$، چون B دارای E° منفی‌تری است، آند بوده و A کاتد سلول است. در آند غلظت یون‌های B^{2+} افزایش یافته و در کاتد غلظت یون‌های A^{+} کاهش می‌یابد.

۳) سلول ایجاد شده بین گونه با بیش‌ترین میزان E° و گونه با کم‌ترین میزان E°، دارای بیش‌ترین میزان نیروی الکتروموتوری (emf) خواهد بود:

D: آند ← E° منفی‌تر

A: کاتد ← E° مثبت‌تر

بنابراین می‌توان نوشت:

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} = E^\circ_A - E^\circ_D = ۱/۳۳ - (-۱/۵۹) = ۲/۹۲V$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸۵ واکنش کلی سلول به‌صورت مقابل است:

$$Fe(s)+2Ag^{+}(aq)\rightarrow Fe^{2+}(aq)+2Ag(s)$$

نکته: مقدار مول الکترون مبادله شده را می‌توان به‌صورت روبه‌رو محاسبه کرد:

ضریب × زیروند × تغییر عدد اکسایش کاهنده: الکترون مبادله شده

عدد اکسایش Fe در واکنش دهنده صفر و در Fe^{2+} برابر ۲ است، بنابراین می‌توان نوشت:

$$\text{الکترون مبادله شده} = 2\times1\times1 = 2mole^{-}$$

به‌ازای مبادله‌ی ۲ مول الکترون در مدار بیرونی، یک مول آهن مصرف شده و ۵۶ گرم آهن از جرم تیغه‌ی آندی کاسته می‌شود، همچنین دو مول نقره تولید شده و ۲۱۶ گرم نقره $(2\times108=216)$ به جرم تیغه‌ی کاتدی افزوده می‌شود. در نهایت به‌ازای انتقال دو مول الکترون از مدار بیرونی، ۱۶۰ گرم به جرم تیغه افزوده می‌شود $(216-56=160g)$.

اکنون می‌توان شمار الکترون‌های مبادله شده از سیم رابط را به‌دست آورد.

$$?\,\text{تعداد}\,e^{-}=0/32g\,\text{افزایش}\times\frac{2mole^{-}}{160g\,\text{افزایش}}\times\frac{6/02\times10^{23}}{1mole^{-}}=2/408\times10^{21}e^{-}$$

در بخش دوم سوال، با توجه به ضرایب استوکیومتری، میزان مصرف Ag^{+} ، دو برابر میزان تولید Fe^{2+} است. پس تغییرات غلظت Ag^{+} ، باید دو برابر تغییرات غلظت Fe^{2+} ، باشد. با توجه به محاسبات زیر، می‌توان به درستی نمودار ۴ پی برد:

$$\left.\begin{array}{l}Ag^{+}\text{ میزان مصرف}: 1-0/66=0/34\\ Fe^{2+}\text{ میزان تولید}: 1/17-1=0/17\end{array}\right\}\Rightarrow 0/34=2(0/17)$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۸۶ عبارت‌های «ب» و «ت» درست‌اند.

با توجه به اطلاعات صورت سوال، عنصر A، $_{3}Li$ و عنصر B، $_{9}F$ است.

واکنش بین Li و F به‌صورت مقابل است:

$$2Li(s)+F_{2}(g)\rightarrow 2LiF(s)\rightarrow 2Li^{+}(s)+2F^{-}(s)$$

بررسی عبارت‌ها:

الف) عنصر A، کاهنده و عنصر B اکسنده است.

ب) نیم‌واکش اکسایش صورت گرفته به صورت مقابل است: $A(s)\rightarrow A^{+}(s)+e^{-}$ یا $Li(s)\rightarrow Li^{+}(s)+e^{-}$

ج) عنصر A طی واکنش به صورت $_{2}A^{+}$ درآمده و به آرایش گاز نجیب He می‌رسد. هلیم گاز نجیبی از دسته s است.

ت) اختلاف عدد اتمی $_{3}Li$ و $_{9}F$ برابر ۶ است و این اختلاف برابر با عدد اتمی $_{6}C$ است.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸۷ در سلول $Fe-Ag$ ، آند، Fe و کاتد، Ag می‌باشد. اگر در این سلول به جای Fe از Zn با آرایش $[Ar]3d^{10}4s^2$ استفاده کنیم، ولتاژ سلول افزایش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها

۱) Zn و Ag بیشترین اختلاف E° بین دو فلز واسطه با یکدیگر دارند و سلولی با بیشترین emf را می‌سازند.

۲) آرایش الکترونی اتم‌های موجود در این سلول به‌صورت زیر است.

$$_{12}Mg:[Ne]3s^2$$
$$_{30}Zn:[Ar]3d^{10}4s^2$$
$$_{26}Fe:[Ar]3d^6 4s^2$$
$$_{47}Ag:[Kr]4d^{10}5s^1$$

با توجه به آرایش الکترونی اتم‌ها تنها در آرایش Ag، زیر لایه‌ی نیمه پر وجود دارد. البته می‌دانیم که $_{47}Ag$ با $_{29}Cu$ هم‌گروه بوده و آرایش الکترونی آن به ns^1 ختم می‌شود.

۴) محلول‌ها را در ظرفی با E° بزرگ‌تر از خودشان می‌توان نگهداری کرد، با توجه به این که E° نیم‌سلول منیزیم منفی است، محلول Mg^{2+} را می‌توان در ظرفی ار جنس فلز M نگهداری کرد.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۸۸ با توجّه به قدرت کاهندگی: $Mg > Al$، الکترود آلومینیم نقش کاتد و الکترود منیزیم نقش آند را دارد.

معادلهٔ موازنه شده واکنش به‌صورت مقابل است:

$$3Mg(s)+2Al^{3+}(aq)\rightarrow 3Mg^{2+}(aq)+2Al(s)$$

جرم اولیه تیغه Mg به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$?\,g\,Mg=4/32\,g\,Al\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{3\,mol\,Mg}{2\,mol\,Al}\times\frac{24\,g\,Mg}{1\,mol\,Mg}\times\frac{100}{80}=7/2\,g \quad \text{اولیه}$$

۸۰٪ از جرم اولیه تیغه Mg مصرف شده است:

$$\text{جرم } Mg \text{ مصرف شده بعد از ۱۵ دقیقه}: 7/2\,g\times\frac{80}{100}=5/76\,g\,Mg$$

جرم Al پس از گذشت ۱۵ دقیقه از شروع واکنش به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{جرم } Al \text{ پس از ۱۵ دقیقه} = \underbrace{\text{جرم اولیه}}_{\text{(جرم اولیه Mg با Al برابر است)}} + \text{افزایش جرم} = 7/2+4/32=11/52\,g$$

مجموع جرم دو تیغه برابر است با:

$$\text{مجموع جرم تیغه‌ها} = 1/44+11/52=12/96\,g$$

سرعت متوسط تولید Al برابر است با:

$$\bar{R}_{\text{Al تولید}}=\frac{\Delta n}{\Delta t}=\frac{4/32\,g\,Al\times\frac{1\,mol}{27\,g}}{15\,min\times\frac{1\,h}{60\,min}}=0/64\,mol\cdot h^{-1}$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸۹ در واکنش زیر، ۲ مول الکترون مبادله شده است:

$$B^{2+} + \underbrace{A \rightarrow A^{2+}}_{\substack{0 \quad +2 \\ 2\times1\times1=2\,mol\,e^-}} + B$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$?gr\,B = 9/03\times10^{22}e^- \times \frac{1mole^-}{6/02\times10^{23}e^-} \times \frac{1molB}{2mole^-} \times \frac{x\,gr}{1molB} = 0/075x$$

$$?gr\,A = 9/03\times10^{22}e^- \times \frac{1mole^-}{6/02\times10^{23}e^-} \times \frac{1molA}{2mole^-} \times \frac{x'gr}{1molA} = 0/075x'$$

اختلاف جرم مولی دو عنصر برابر است با:

$$0/075x - 0/075x' = 0/6 \rightarrow 0/075(x-x') = 0/6 \Rightarrow x - x' = 8$$

روش دوم) چون به جرم تیغه افزوده شده است، لذا جرم مولی B، بیشتر از A است و با روش تناسب می‌توان نوشت:

$$\underbrace{\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}}_{\text{اختلاف جرم}} = \underbrace{\frac{\text{تعداد}}{\text{ضریب}\times N_A}}_{e^-} \rightarrow \frac{0/6}{M_B - M_A} = \frac{9/03\times10^{22}}{2\times6/02\times10^{23}} \rightarrow M_B - M_A = 8$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۹۰ عبارت‌های اول و دوم و چهارم نادرست‌اند.

بررسی همهٔ موارد:

- M با کمترین E° قوی‌ترین کاهنده و A^+ با بیشترین E° قوی‌ترین اکسندهٔ این جدول می‌باشد.
- گونهٔ B می‌تواند سبب کاهش یون N^{2+} شود. واکنش N و B^{2+}، $emf < 0$ داشته و غیر خودبه‌خودی است.

در جدول مرتب شده از E° مثبت به E° منفی، مطابق جدول سری الکتروشیمیایی کتاب درسی، گونه‌ای که پایین و سمت راست وجود دارد با گونه بالا و سمت چپ به‌صورت خودبه‌خودی واکنش می‌دهند.

- با توجه به این که M قوی‌ترین کاهنده و A^+ قوی‌ترین اکسندهٔ جدول است، سلول حاصل از آنها بیشترین emf را خواهد داشت.
- با توجه به اینکه پتانسیل کاهشی C_2 صفر است؛ درنتیجه گاز C_2 معادل با گاز هیدروژن است. پتانسیل کاهشی M کمتر از C_2 بوده و این فلز نقش آند را داشته و قطب منفی سلول به‌حساب می‌آید. یکی از نیم سلول‌های این سلول، SHE است. در SHE گاز هیدروژن با فشار ۱ اتمسفر در یک لوله که دارای الکترود پلاتینی است، وارد می‌شود. دقت کنید که گاز هیدروژن نمی‌تواند آند و یا کاتد باشد.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۹۱ عبارت‌های اول و سوم نادرست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

- برای تشکیل یک سلول گالوانی باید تیغه‌ها از جنس‌های مختلف باشند.
- دقیقاً متن کتاب درسیه!
- شکل نشان داده شده در صورت سؤال مربوط به قلمرو الکتروشیمی در تأمین انرژی است.
- باتری مولدی است که در آن بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۹۲ با توجه به عناصر مشخص شده در جدول تناوبی می‌توان انتظار داشت که:

$O \rightarrow Li$	$B \rightarrow Mg$	$Y \rightarrow Mn$	$Z \rightarrow Fe$
$C \rightarrow Cu$	$X \rightarrow Zn$	$A \rightarrow Al$	

در نتیجه مقایسه قدرت کاهندگی گونه‌های فوق به‌صورت زیر است:

مقایسه قدرت کاهندگی: $Li > Mg > Al > Mn > Zn > Fe > Cu$

بنابراین فقط عبارت سوم نادرست است.

بررسی همهٔ عبارت‌ها:

- در میان عناصر مشخّص شده کمترین E° را عنصر O (لیتیم) و بیشترین E° را عنصر C (مس) دارد.
- محلولی از یون‌های Al را می‌توان در ظرفی از جنس روی نگهداری کرد زیرا واکنشی میان آنها رخ نمی‌دهد.
- سلول گالوانی متشکل از عناصر Y و Z ، emf کوچکتری از سلول گالوانی متشکل از عناصر A و C دارد.
- از قرار دادن تیغه‌هایی از جنس عناصر مشخّص شده، فقط با قرار دادن تیغهٔ لیتیم (O) درون محلولی از کاتیون‌های B (همان Mg^{2+}) واکنش برقرار می‌شود و دما تغییر می‌کند.

نکته: تغییر دما، نشانه‌ای از انجام یک واکنش شیمیایی است.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۹۳ عبارت‌های اوّل، دوم و سوم درست است.

بررسی همه عبارت‌ها:

- B همان اکسیژن است که کاهش می‌یابد و نقش اکسنده را دارد.
- A همان Zn است. آرایش الکترونی Zn به‌صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ بوده و سه لایهٔ کاملاً پر از الکترون دارد.
- C، Zn^{2+} با آرایش $[Ar]3d^{10}$ می‌باشد. آرایش الکترونی Cu^+ نیز به‌صورت $[Ar]3d^{10}$ است.
- اکسیژن نافلزی فعّال است که با اغلب فلزها واکنش می‌دهد و آنها را به اکسید فلز تبدیل می‌کند، در حالی‌که با برخی فلزها مانند طلا و پلاتین واکنش نمی‌دهد.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۹۴ با توجّه به نمودار و این نکته که غلظت یون X^{2+} با گذشت زمان افزایش و غلظت یون Y^{2+} با گذشت زمان کاهش می‌یابد، می‌توان نتیجه گرفت که X^{2+}، در محلول آندی و Y^{2+}، در محلول کاتدی وجود دارند. بنابراین واکنش کلی سلول به‌صورت مقابل است:

$$Y^{2+} + X \rightarrow X^{2+} + Y$$

در نتیجه: Y کاتد و X آند است.

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \rightarrow emf = E^\circ_Y - E^\circ_X$$

از آن‌جا که در سلول گالوانی همواره $emf > 0$ است، پس می‌تواند حالت‌های زیر اتفاق بیافتد:

$$\text{حالت اوّل}: \overbrace{E_Y = 0/34}^{\text{کاتد}} \quad , \quad \overbrace{E_X = 0/25}^{\text{آند}} \rightarrow emf = 0/09$$

$$\text{حالت دوم}: \underbrace{E_Y = 0/34}_{\text{کاتد}} \quad , \quad \underbrace{E_X = -0/25}_{\text{آند}} \rightarrow emf = 0/59$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۹۵ در حالت استاندارد، pH محلول SHE برابر صفر است. پس pH سه لیتر محلول هیدروکلریک اسید از صفر به ۰/۴ می‌رسد.

$$pH = 0 \rightarrow \left[H^+\right] = 10^{-pH} = 10^{-0} = 1\,mol \cdot L^{-1}$$

$$pH = 0/4 \rightarrow \left[H^+\right] = 10^{-0/4} = 10^{-1} \times 10^{0/6} = 0/4\,mol \cdot L^{-1}$$

پس تعداد مول H^+ کاهش یافته در محلول برابر است با:

$$3\,L \times (1 - 0/4)\,mol \cdot L^{-1} = 1/8\,mol\,H^+$$

حالا به معادلهٔ موازنه شده واکنش توجه کنید:

$$Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$$

به‌ازای کاهش هر دو مول H^+، یک مول Zn اکسید شده و از تیغهٔ روی کاسته می‌شود:

$$\text{کاهش جرم تیغه روی} = \left(1/8 \times \frac{1}{2}\right) \times 65 = 58/5\,g$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۹۶ معادلهٔ موازنه شدهٔ دو واکنش مدنظر به‌صورت زیر است:

۱) $2Al(s)+3FeSO_4(aq)\rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq)+3Fe(s)$

۲) $Zn(s)+FeSO_4(aq)\rightarrow ZnSO_4(aq)+Fe(s)$

موارد «الف» و «ب» درست‌اند.

بررسی همه عبارت‌ها:

الف) منظور از آهنگ تغییر رنگ محلول $FeSO_4$، همان سرعت مصرف این محلول است. به دلیل این که قدرت کاهندگی Al از Zn بیشتر است، پس سرعت واکنش محلول آهن (II) سولفات با فلز آلومینیم بیشتر خواهد بود، در نتیجه آهنگ تغییر رنگ محلول $FeSO_4$ در آزمایش (۱) بیشتر است.

ب) قدرت کاهندگی Al بیشتر از Zn است. در نتیجه تغییر دمای مخلوط واکنش و در نتیجه گرمای مبادله شده در آزمایش (۱) بیشتر است.

پ) ابتدا حساب می‌کنیم از هر فلز، چند مول به‌طور کامل مصرف می‌شود:

$$?\,mol\,Zn=2\,g\,Zn\times\frac{1\,mol}{65\,g\,Zn}=\frac{2}{65}\,mol\,Zn$$

$$?\,mol\,Al=2\,g\,Al\times\frac{1\,mol}{27\,g\,Al}=\frac{2}{27}\,mol\,Al$$

از آن‌جایی که در آزمایش (۱) به‌ازای هر مول Al، سه مول الکترون مبادله شده و در آزمایش (۲) به‌ازای هر مول Zn، دو مول الکترون مبادله می‌شود، تعداد مول الکترون‌های مبادله شده در دو واکنش به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

تعداد mol الکترون مبادله شده در واکنش (۱): $\frac{2}{27}\times3=\frac{2}{9}\,mol\,e^-$

تعداد mol الکترون مبادله شده در واکنش (۲): $\frac{2}{65}\times2=\frac{4}{65}\,mol\,e^-$

ت) مطابق محاسبات زیر این عبارت نادرست است:

$$?\,g\,Fe(\text{آزمایش ۱})=2\,g\,Al\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{3\,mol\,Fe}{2\,mol\,Al}=\frac{1}{9}\,mol\,Fe$$

$$?\,g\,Fe(\text{آزمایش ۲})=2\,g\,Zn\times\frac{1\,mol\,Zn}{65\,g\,Zn}\times\frac{1\,mol\,Fe}{1\,mol\,Zn}=\frac{2}{65}\,mol\,Fe$$

با توجه به این‌که مقدار مول آهن در دو واکنش متفاوت است؛ درنتیجه مقدار جرم آن‌ها نیز متفاوت خواهد بود.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۹۷ آیوپاک پیشنهاد می‌کند که برای هماهنگی در منابع علمی معتبر، پتانسیل‌های استاندارد نیم‌سلول به‌صورت پتانسیل کاهشی استاندارد گزارش شود. هنگام نوشتن نیم واکنش‌های کاهشی، گونهٔ اکسنده و الکترون‌ها در سمت چپ و گونهٔ کاهنده در سمت راست نوشته می‌شود.

$$\text{گونهٔ اکسنده} + ne^- \rightleftharpoons \text{گونه کاهنده}$$

بررسی سایر عبارت‌ها:

۱) مطابق توضیح ارائه شده، این عبارت درست است.

۳) شیمی دان‌ها، فلزها را به ترتیب کاهش E° آنها در جدولی با عنوان سری الکتروشیمیایی مرتب کرده‌اند. منفی‌ترین E° در پایین جدول و مثبت‌ترین مقدار E° در بالای این جدول قرار می‌گیرد.

۴) در نیم‌سلول استاندارد هیدروژن، گاز هیدروژن در دمای اتاق و با فشار ۱atm وارد نیم‌سلولی می‌شود که $[H^+]$ در آن ۱ مولار بوده و pH آن برابر صفر است.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۳۹۸ ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$2Al(s) + 3CuSO_4(aq) \rightarrow 1Al_2(SO_4)_3(aq) + 3Cu(s)$$

در واکنش فوق به ازای مصرف ۲ مول Al، ۳ مول Cu تولید می‌شود، پس یک مول عنصر فلزی اضافه می‌شود. با توجه به نمودار ۲/۵ مول فلز نسبت به ابتدای واکنش به مواد موجود در ظرف اضافه شده است.

همچنین به‌ازای مصرف ۲ مول Al، ۶ مول الکترون مبادله می‌شود.

$$2/5\,\text{mol فلز} \times \frac{2\,\text{mol Al}}{1\,\text{mol فلز}} \times \frac{6\,\text{mol e}^-}{2\,\text{mol Al}} = 15\,\text{mol e}^-$$

معادله واکنش سلول گالوانی $(Mg - H_2)$ به‌صورت زیر است:

$$1Mg(s) + 2H^+(aq) \rightarrow 1Mg^{2+}(aq) + 1H_2(g)$$

در واکنش فوق، به‌ازای تولید هر مول گاز هیدروژن، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود.

طبق اطلاعات سؤال، میزان الکترون مبادله شده در سلول $(Al - Cu)$ و $(Mg - H_2)$ با هم برابر است. پس در سلول $(Mg - H_2)$، محاسبه می‌کنیم به‌ازای ۱۵ مول الکترون مبادله شده، چند لیتر گاز تولید می‌شود:

$$15\,\text{mol e}^- \times \frac{1\,\text{mol H}_2}{2\,\text{mol e}^-} \times \frac{22/4\,\text{L H}_2}{1\,\text{mol H}_2} = 168\,\text{L H}_2$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۹۹ تنها اگر بار یون حاصل از تیغهٔ M نیز $n+$ باشد، شمار کاتیون‌های داخل محلول ثابت خواهد ماند.

بررسی سایر عبارت‌ها:

۲) معادلهٔ این نیم‌واکنش به‌صورت زیر موازنه می‌شود:

$$C_2O_4^{2-} + 2H_2O \rightarrow 2CO_3^{2-} + 4H^+ + 2e^-$$

مطابق واکنش موازنه شده فوق، ضریب الکترون و یون کربنات با هم برابر است.

۳) اغلب فلزها در واکنش با اسیدها، گاز H_2 تولید می‌کنند. با استفاده از گاز هیدروژن می‌توان یک آلکن را در شرایط مناسب به آلکان تبدیل کرد.

۴) شرط لازم برای انجام واکنش شیمیایی از نوع اکسایش ـ کاهش، حضور همزمان گونه‌های اکسنده و کاهنده در ظرف(های) واکنش است.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۰۰ در واکنش انجام شده ۸ مول الکترون بین گونه‌های اکسنده و کاهنده مبادله شده است:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \Rightarrow \boxed{8e^-}$$

ابتدا مقدار مول الکترون مبادله شده به‌ازای مصرف ۸/۳۲ گرم گونه کاهنده یعنی متان را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{گرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{CH_4}} = \frac{\text{مول}}{\underbrace{\text{ضریب}}_{\text{الکترون}}} \Rightarrow \frac{8/32}{1 \times 16} = \frac{x}{8} \Rightarrow x = 4/16\,mol$$

کاهش ClO_4^- به یون Cl^- به‌صورت زیر است:

$$\underbrace{Cl}_{+7}O_4^- \rightarrow \underbrace{Cl^-}_{-1} \Rightarrow \boxed{8e^-}$$

اکنون می‌توان نوشت:

روش اول) استفاده از کسرهای تناسب:

$$\frac{\text{گرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{ClO_4^-}} = \frac{\text{مول}}{\underbrace{\text{ضریب}}_{\text{الکترون}}} \Rightarrow \frac{x}{1 \times 99/5} = \frac{4/16}{8} \Rightarrow x = 51/74\,g$$

روش دوم) استفاده از ضریب تبدیل:

$$4/16\,mol\ e^- \times \frac{1\,mol\,ClO_4^-}{8\,mol\ e^-} \times \frac{99/5\,g\,ClO_4^-}{1\,mol\,ClO_4^-} = 51/74\,g$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۰۱ از آنجایی که قدرت کاهندگی منیزیم از روی بیشتر و قدرت اکسندگی یون‌های نقره هم از قدرت اکسندگی یون‌های آهن (II) بیشتر است، شدت واکنش انجام شده در ظرف (II) بیشتر خواهد بود. با توجه به اینکه شمار الکترون‌های مبادله شده (x مول) در هر دو واکنش برابر است، می‌توان نوشت:

واکنش ظرف (I): $Zn + Fe^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Fe \Rightarrow 2e$

با مبادله ۲ مول الکترون، جرم تیغه به اندازه $65 - 56 = 9g$ تغییر می‌کند.

واکنش ظرف (II): $Mg + 2Ag^+ \rightarrow Mg^{2+} + 2Ag \Rightarrow 2e$

با مبادله ۲ مول الکترون، جرم تیغه به اندازه $(2 \times 108) - 24 = 192g$ تغییر می‌کند.

چون شمار مول الکترون‌ها در دو واکنش برابر است، می‌توان نوشت:

$$\frac{192}{9} \simeq 21/33$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۰۲ مطابق با شکل A، عنصری است که اکسایش می‌یابد (کاهنده)، B عنصری است که کاهش می‌یابد (اکسنده)، C فرآیند اکسایش و D فرآیند کاهش را نشان می‌دهد، بنابراین موارد (الف) و (پ) درست‌اند.

بررسی همه عبارت‌ها:

الف) در واکنش میان عناصر روی و اکسیژن، عنصر روی اکسایش یافته و کاهنده خواهد بود و عنصر اکسیژن ضمن کاهش، نقش اکسنده را برعهده دارد، که با موارد A و B همخوانی دارد: $۲Zn(s)+O_۲(g)\rightarrow ۲ZnO(s)$

ب) در یک سلول گالوانی به‌طور کلی با انجام فرآیند کاهش در کاتد، جرم تیغه کاتدی افزایش می‌یابد و با انجام فرآیند اکسایش در آند از جرم تیغه آندی کاسته می‌شود. امّا این مورد استثناء هم دارد، برای مثال جرم تیغه پلاتین در الکترود SHE ثابت است و تغییر نمی‌کند.

پ) فرآیند C، فرآیند اکسایش است. اتم‌های منیزیم در واکنش مربوط به دوربین عکاسی در حضور اکسیژن می‌سوزند و فرآیند اکسایش آنها انجام می‌شود. در محلول دارای یون‌های مس، یون‌های مس با تیغه روی واکنش می‌دهند و کاهش می‌یابند.

ت) واکنش سلول گالوانی $Mg-Ag$ به‌صورت زیر است:

$$Mg+۲Ag^{+}\rightarrow Mg^{۲+}+۲Ag$$

در این واکنش، اتم‌های منیزیم گونه کاهنده و یون‌های Ag^{+} (نه اتم آن!)، گونه اکسنده هستند.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۴۰۳ عبارت‌های (ب) و (ت) درست‌اند.

بررسی همه موارد:

الف) A و B به ترتیب از دیواره متخلخل وارد الکترولیت آندی و کاتدی می‌شوند. دقت کنید که A، آنیون بوده و به سمت الکترولیت آندی حرکت می‌کند.

ب) آند به قطب منفی و کاتد به قطب مثبت سلول متصل می‌شوند. بنابراین Zn با E° کمتر، آند و Sn با E° بیشتر، کاتد است. emf یک سلول گالوانی از طریق رابطه زیر به‌دست می‌آید: $emf=E^{\circ}_{\text{کاتد}}-E^{\circ}_{\text{آند}}\Rightarrow emf=-۰/۱۴-(-۰/۷۶)=۰/۶۲V$

پ) Zn، آند بوده و از جرم آن به مرور زمان کاسته می‌شود. از طرفی Sn، تولید شده و جرم کاتد افزایش می‌یابد:

$$Zn(s)+Sn^{۲+}(aq)\rightarrow Zn^{۲+}(aq)+Sn(s)$$

اکنون می‌توان نوشت:

$$۱۳۰g\,Zn\times\frac{۱mol\,Zn}{۶۵g\,Zn}\times\frac{(۱۱۹-۶۵)g\,\text{افزایش جرم}}{۱mol\,Zn}=۱۰۸g\,\text{افزایش جرم}$$

ت) در واکنش، به‌ازای مصرف یا تولید ۱ مول از هر گونه‌ای، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود:

$$۲۳۸g\,Sn\times\frac{۱mol\,Sn}{۱۱۹g\,Sn}\times\frac{۲mol\,e^{-}}{۱mol\,Sn}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^{-}}{۱mol\,e^{-}}=۲/۴۰۸\times۱۰^{۲۴}e^{-}$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۰۴ جرم تیغه به ۵۴/۱ گرم افزایش یافته است، بنابراین میزان افزایش جرم تیغه برابر $۱۵/۱ = ۳۹ - ۵۴/۱$ گرم است. جرم Zn مصرف شده را می‌توان به‌دست آورد. در نظر داشته باشید که طبق واکنش موازنه شده، به‌ازای مصرف هر ۱ مول Zn (و تولید ۲ مول Ag) در مجموع ۱۵۱ گرم $(۱۵۱ = ۶۵ - ۲ \times ۱۰۸)$ افزایش جرم بر روی تیغه داریم:

$$Zn(s) + ۲AgNO_۳(aq) \rightarrow Zn(NO_۳)_۲(aq) + ۲Ag(s)$$

$$\text{مصرف شده Zn} = \text{افزایش جرم } ۱۵/۱\,g \times \frac{۱\,mol\,Zn}{\text{افزایش جرم } ۱۵۱\,g} \times \frac{۶۵\,g\,Zn}{۱\,mol\,Zn} = ۶/۵\,g\,Zn$$

میزان جرم Zn در تیغه اوّل را نیز به‌دست آوریم:

$$\text{اوّلیه Zn} = ۳۹\,g \text{ ناخالص Zn} \times \frac{۳۳/۳۳\,g\,Zn}{۱۰۰\,g \text{ ناخالص Zn}} = ۱۳\,g\,Zn$$

در این صورت میزان جرم Zn باقی‌مانده در تیغه جدید به‌دست می‌آید:

$$\text{Zn باقی‌مانده} = \text{Zn اولیه} - \text{Zn مصرف‌شده} = ۱۳ - ۶/۵ = ۶/۵\,g\,Zn$$

درصد خلوص Zn در تیغه جدید (پس از گذشت ۳۰۰ ثانیه) را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد خلوص Zn در تیغه جدید} = \frac{\text{جرم Zn در تیغه جدید}}{\text{جرم کل تیغه جدید}} \times ۱۰۰ = \frac{۶/۵}{۵۴/۱} \times ۱۰۰ \simeq ۱۲\%$$

زمانی جرم تیغه به حداکثر جرم خود می‌رسد که تمامی Zn درون تیغه (اوّلیه) به Ag تبدیل شود:

$$۳۹\,g\,Zn \text{ ناخالص} \times \frac{۳۳/۳۳\,g\,Zn}{۱۰۰\,g\,Zn \text{ ناخالص}} \times \frac{۱\,mol\,Zn}{۶۵\,g\,Zn} \times \frac{\text{افزایش جرم } ۱۵۱\,g}{۱\,mol\,Zn} \times \frac{۳۰۰\,s}{\text{افزایش جرم } ۱۵/۱\,g} \times \frac{۱\,min}{۶۰\,s} = ۱۰\,min$$

مدّت زمانی که کل Zn با Ag جایگزین می‌شود برابر با ۱۰ دقیقه است. امّا دقت داشته باشید از این زمان ۱۰ دقیقه‌ای (کل واکنش)، ۳۰۰ ثانیه معادل ۵ دقیقه گذشته است، بنابراین تنها ۵ دقیقه دیگر، جرم تیغه به حداکثر میزان خودش رسیده و پس از آن واکنش به اتمام می‌رسد.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۰۵ واکنش انجام شده NV سلول به‌صورت زیر است:

$$mX(s) + nY^{m+}(aq) \rightarrow mX^{n+}(aq) + nY(s)$$

با توجه به این که غلظت X^{n+} و Y^{m+} هر دو به اندازه a واحد تغییر کرده است، در نتیجه ضریب استوکیومتری این دو گونه برابر بوده و $m = n$ است.

بررسی همه گزینه‌ها:

۱) واکنش انجام شده در سلول به‌صورت واکنش فوق است.

۳) فلز X در نیم‌واکنش اکسایش $X \rightarrow X^{n+} + ne^-$ شرکت کرده و نقش آند را دارد، در نتیجه فلز Y نیز کاتد است.

۴) می‌دانیم که $E°_X < E°_Y$ است. اگر فلز X بتواند با HCl واکنش دهد، $E°$ منفی خواهد داشت ولی ممکن است که $E°$ فلز Y مثبت باشد و با اسید واکنش ندهد. از روی اطلاعات سؤال نمی‌توان به این موضوع پی برد.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۰۶ عبارت‌های اول و چهارم درست‌اند.

بررسی همه موارد:

- به منظور درک بهتر، سلول گالوانی «روی ـ مس» را در نظر بگیرید. در صورتیکه دیوار متخلخل در این سلول برداشته شود، دو محلول در هم ادغام می‌شوند و در محلول ایجاد شده یون‌های مس (II) و روی یافت می‌شود. از طرفی در این محلول مشترک، تیغه‌های مس و روی نیز دیده می‌شوند و در چنین حالتی، یون‌های مس (II) به سمت تیغه روی رفته و مستقیماً با آن واکنش می‌دهند. در نتیجه واکنش اکسایش - کاهش همچنان انجام می‌شود. از آن‌جا که این واکنش در سطح تیغه انجام می‌شود و الکترون‌ها از سطح مقطع سیم عبور نمی‌کنند، در نتیجه با ولت‌سنج نمی‌توان اختلاف پتانسیل آنها را اندازه گرفت.

- کاتیون وارد شده به الکترولیت باعث ایجاد بار مثبت در اطراف تیغه روی می‌شود و تیغه روی باید بتواند الکترون از دست بدهد. در صورتیکه در اطراف تیغه یون‌های مثبت وجود داشته باشد، تیغه آندی سخت‌تر الکترون از دست داده و ولتاژ سلول کمتر می‌شود.

- طبق توضیحات مورد (الف)، در صورتیکه دیوار متخلخل برداشته شود انتقال الکترون در سطح تیغه خواهد بود و دیگر الکترونی از مدار بیرونی (سیم) عبور نمی‌کند. در چنین حالتی لامپ خاموش خواهد شد.

- میان دو نیم‌سلول، الکترود در نیم‌سلولی با مقدار پتانسیل کاهشی بالاتر، نقش کاتد را دارد. در صورتیکه الکترود کاتدی را که نسبت به الکترود آندی پتانسیل کاهشی بیشتری دارد مجدداً با الکترودی با پتانسیل کاهشی بیشتر تعویض کنیم، ولتاژ این سلول بیشتر از قبل خواهد شد.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۰۷ I) مقدار $E^\circ_A < 0$ است و این عنصر پایین‌تر از H_2 در سری الکتروشیمیایی جای دارد.

II) واکنش‌پذیری $C > B$ است، پس C، کاهنده قوی‌تری نسبت به B است.

III) قدرت کاهندگی B بیشتر از H_2 است.

بر این اساس می‌توان به نتایج مقابل رسید:

$$\text{قدرت کاهندگی}: B, A > H_2(SHE)$$

$$\text{قدرت کاهندگی}: C > B$$

بنابراین با قرار دادن تیغه C در محلول حاوی یون‌های B^{2+}، واکنش به‌صورت طبیعی انجام شده و می‌توان نوشت:

$$\overset{\text{کاهنده}}{C} + B^{2+} \rightarrow C^{2+} + B \Rightarrow \begin{cases} \text{جرم تیغه کاهش می‌یابد} \\ \text{اتم‌های C اکسایش می‌یابند} \end{cases}$$

$$C\ (۱۳۷g) \xrightarrow{\text{کاهش جرم}} B\ (۶۰g)$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) E° هر دو فلز B و C، منفی است، در نتیجه این دو فلز نمی‌توانند مس باشند. ولی از آن‌جا که قدرت کاهندگی $C > B$ است می‌توان گفت که قدرت اکسندگی به‌صورت $C^{2+} < B^{2+}$ است.

۲) ترتیب قدرت کاهندگی A و B معلوم نیست.

۳) لزوماً به این شکل نیست. در حالت اوّل نوشته شده، مقدار emf سلول $A - C$ بیشتر و در حالت دوم کمتر است.

$$A - C \leftarrow \overset{H_2}{\begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix}} \rightarrow A - B \qquad A - B \leftarrow \overset{H_2}{\begin{bmatrix} B \\ C \\ A \end{bmatrix}} \rightarrow A - C$$

حالت اوّل — حالت دوم

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۰۸ معادله کلی سلول گالوانی $Mg - Ag$ به‌صورت زیر است:

$$Mg(s) + 2Ag^+(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Ag(s) \Rightarrow 2e$$

اکنون می‌توان غلظت مولی Ag^+ مصرف شده را محاسبه کرد:

روش اوّل: استفاده از ضریب تبدیل:

$$45/15\times10^{22}e \times \frac{1\text{mole}}{6/02\times10^{23}e} \times \frac{2\text{mol}Ag^+}{2\text{mole}} = 0/75\text{mol}\,Ag^+ \xrightarrow{\text{لیتر}1} M_{Ag^+} = 0/75\,\text{mol}\cdot L^{-1}$$

روش دوم: استفاده از کسرهای تناسب:

$$\frac{\underbrace{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر}}_{\text{ضریب}\ Ag^+}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد}}{\underbrace{\text{ضریب}\times N_A}_{e}} \Rightarrow \frac{1\times M}{2} = \frac{45/15\times10^{22}}{2\times6/02\times10^{23}} \Rightarrow M_{Ag^+} = 0/75\,\text{mol}\cdot L^{-1}$$

با توجّه به این که در سلول گالوانی استاندارد، غلظت اولیه الکترولیت‌ها برابر ۱ مولار است، می‌توان نتیجه گرفت که غلظت باقی‌مانده Ag^+ برابر ۰/۲۵ مولار است.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۰۹ سدیم کلرید خالص در ۸۰۱°C ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود ۵۸۷°C پایین می‌آورد. از $CaCl_2$ برای تهیه بسته‌های گرمازای ورزشکاران استفاده می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) عدد اکسایش اکسیژن در هر یک از ترکیب‌ها به‌صورت مقابل است:

$\underline{O}F_2 \Rightarrow +2$

$Mg\underline{O} \Rightarrow -2$

۲) گونه‌های کاهنده و اکسنده به ترتیب CH_4 و O_2 هستند که هر دو ترکیب، ناقطبی هستند.

۳) اغلب نافلزها همانند فلزهای واسطه، عدد اکسایش گوناگونی در ترکیب‌های خود دارند.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۴۱۰ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم نادرست‌اند.

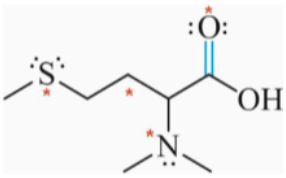
بررسی همه موارد:

- این شکل‌ها نشان می‌دهند که برای خوردگی آهن، وجود آب و اکسیژن الزامی می‌باشد.
- ذره x، Fe^{2+} و ذره y، Fe^{3+} بوده که با یون OH^- به ترتیب به رسوب‌های $Fe(OH)_2$ و $Fe(OH)_3$ تبدیل می‌شوند. $Fe(OH)_2$، رسوب سبز و $Fe(OH)_3$، رسوب آجری رنگ است.
- در شکل سمت چپ، محل نیم‌واکنش آندی (اکسایش) زیر قطرهٔ آب جایی که غلظت O_2 کم است انجام می‌گیرد.
- با حل شدن NO_2 در آب، محیط اسیدی شده و خوردگی آهن در محیط اسیدی با سرعت بیشتری انجام می‌شود.
- نیم‌واکنش M، نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در کاتد است: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

طی این نیم‌واکنش یون‌های OH^- تولید می‌شوند که خاصیت بازی دارند و رنگ کاغذ pH را در این ناحیه به آبی تغییر می‌دهند.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۱۱ در ترکیب‌های آلی، هر اتم اکسیژن یا گوگرد، ۲ جفت الکترون ناپیوندی و هر اتم نیتروژن، یک جفت الکترون ناپیوندی دارد. ساختار لوویس ترکیب داده شده به‌صورت زیر است:



دقت کنید که به اتم کربن ستاره‌دار، ۲ اتم هیدروژن نیز متصل هستند.

عدد اکسایش گوگرد: $6 - 8 = -2$

عدد اکسایش کربن ستاره‌دار: $6 - 4 = -2$

عدد اکسایش نیتروژن: $5 - 8 = -3$

عدد اکسایش اکسیژن: $6 - 8 = -2$

مجموع اعداد اکسایش ۴ اتم ستاره‌دار، برابر با ۹- است.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۱۲ معادله برقکافت سدیم کلرید مذاب به‌صورت زیر است:

$$2NaCl(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g) \Rightarrow 2e^-$$

حجم گاز Cl_2 تولید شده در آند این سلول پس از تبدیل به شرایط STP برابر است با:

$$?LCl_2 = 3/01\times10^{25}e^- \times \frac{1mole^-}{6/02\times10^{23}e^-} \times \frac{1molCl_2}{2mole^-} \times \frac{22/4LCl_2}{1molCl_2} = 560LCl_2$$

جرم سدیم مذاب تولید شده نیز برابر است با:

$$?gNa = 3/01\times10^{25}e^- \times \frac{1mole^-}{6/02\times10^{23}e^-} \times \frac{1molNa}{2mole^-} \times \frac{23gNa}{1molNa} = 1150gNa$$

جرم آلیاژ NaK برابر است با:

$$?g\text{آلیاژ} = 1150gNa \times \frac{100g\text{آلیاژ}}{25gNa} = 4600g\text{آلیاژ}\,NaK$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۱۳ عبارت‌های (ب) و (پ) درست‌اند.

الف) بازده و سرعت انجام این واکنش همانند emf آن پایین است.

ب)

$$Si_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow SiO_{2(s)} + 2H_{2(q)} \Rightarrow 4e^-$$

اکسایش: $0 \rightarrow +4$

به‌ازای تولید یک مول سیلیس (SiO_2)، ۴ مول الکترون در واکنش مبادله می‌شود.

پ) نیم‌واکنش کاهش سلول به‌صورت زیر است. نیم واکنش کاهش آب نیز در فرآیند برقکافت آب به همین صورت است:

$$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$$

ت) نیم‌واکنشی که در آند اتفاق می‌افتد به‌صورت: $Si + 2H_2O \rightarrow SiO_2 + 4H^+ + 4e^-$ بوده که سبب تولید H^+ (محیط اسیدی) شده و باعث سرخ رنگ شدن کاغذ pH می‌شود.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud

۴۱۴ جنس قوطی کنسروها از حلبی است و می‌دانیم که پس از ایجاد خراش در سطح قوطی، نه تنها Sn خود را فدای Fe نمی‌کند بلکه سرعت خوردگی Fe را نیز افزایش می‌دهد. بنابراین Fe، اکسایش می‌یابد. همچنین O_2 نیز کاهش می‌یابد. با توجّه به این که در سؤال ذکر شده که محیط اسیدی است، E° کاتد برابر E° کاهش O_2 در محیط اسیدی بوده و برابر ۱/۲۳ ولت است. بنابراین برای حل قسمت دوم سؤال می‌توان نوشت:

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \Rightarrow emf = ۱/۲۳ - (-۰/۴۴) = ۱/۶۷\,V$$

برای حل قسمت اوّل سؤال می‌توان نوشت:

چون واکنش در محیط اسیدی انجام می‌گیرد، لذا نیم‌واکنش کاهش به‌صورت زیر است:

$$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l) \;,\; E^\circ = ۱/۲۳\,V$$

و قوطی کنسرو تن ماهی از جنس حلبی بوده و در اثر خراش آهن به دلیل قدرت کاهندگی بیشتر نسبت به قلع خورده شده و اکسایش می‌یابد:

$$2 \times \left(Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^- \right)$$

واکنش کلی: $2Fe(s) + O_2(g) + 4H^+(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + 2Fe^{2+}(aq)$

اکنون می‌توان نوشت:

$$?\,LO_2 = ۲/۲۴\,g\,Fe \times \frac{۱\,mol\,Fe}{۵۶\,g\,Fe} \times \frac{۱\,mol\,O_2}{۲\,mol\,Fe} \times \frac{۳۲\,g\,O_2}{۱\,mol\,O_2} \times \frac{۱\,LO_2}{۱/۶\,g\,O_2} = ۰/۴\,LO_2$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۱۵ I) عدد اکسایش Cl در $HClO_4$، برابر ۷+ بوده و در بیشترین محدوده خود قرار دارد، در نتیجه فقط الکترون گرفته و اکسنده است. دقت کنید که کمترین مقدار عدد اکسایش کلر برابر ۱- و بیشترین مقدار آن برابر با ۷+ است.

II) جرم تیغه‌های گرافیتی در آند سلول هال کاهش می‌یابد. آند قطب مثبت یک سلول الکترولیتی است.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۴۱۶ نیم‌واکنش کاهش در سلول به‌صورت مقابل است: $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu \Rightarrow 2e^-$

جرم مس تولید شده برابر است با:

$$?\,g\,Cu = ۲۱/۰۷ \times ۱۰^{۲۲}\,e^- \times \frac{۱\,mol\,e^-}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\,e^-} \times \frac{۱\,mol\,Cu}{۲\,mol\,e^-} \times \frac{۶۴\,g\,Cu}{۱\,mol\,Cu} = ۱۱/۲\,g$$

۱۱/۲ گرم به جرم تیغه کروم افزوده می‌شود، بنابراین داریم:

$$\text{جرم قاشق} = \text{جرم Cr} + \text{جرم Cu} = ۸/۸ + ۱۱/۲ = ۲۰\,g$$

درصد جرمی مس در قاشق برابر است با:

$$\text{درصد جرمی Cu} = \frac{\text{جرم Cu}}{\text{جرم قاشق}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۱/۲}{۲۰} \times ۱۰۰ = ۵۶\%$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud

۴۱۷ الف) در فرآیند آبکاری، فلز پوشاننده نقش آند را داشته و به قطب مثبت باتری متصل می‌شود. فلزی که سطح آن را آبکاری می‌کنیم (در این‌جا قاشق فولادی)، نقش کاتد را داشته و به قطب منفی باتری متصل می‌شود.

ب) در سلول‌های الکترولیتی و گالوانی، کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند در الکترولیت حرکت می‌کنند. آنیون‌ها به سمت آند (نقره) حرکت می‌کنند.

پ) X^+ یون $Ag^+(aq)$ است نه $Ag^+(l)$.

ت) در فرآیند آبکاری، غلظت الکترولیت در سلول ثابت می‌ماند. چرا؟

نیم‌واکنش کاهش: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

نیم‌واکنش اکسایش: $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$

همان‌طور که مشخص است، Ag^+ در نیم‌واکنش کاهش مصرف شده و همزمان با آن در نیم‌واکنش اکسایش دوباره تولید می‌شود.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۴۱۸ واکنش انجام شده به‌صورت مقابل است: $MgCl_2(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g) \Rightarrow 2e^-$

اکنون می‌توان نوشت:

$$\underbrace{\frac{mL \times d}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}}_{MgCl_2} \times \frac{R}{100} = \underbrace{\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}}_{Mg} \Rightarrow \frac{x \times 2/2}{1 \times 95} \times \frac{75}{100} = \frac{26/4 \times 1000g}{1 \times 24} \Rightarrow x \simeq 63/3 \times 10^3 mL \Rightarrow 63/3 L$$

شمار الکترون‌های مبادله شده بین گونه‌های کاهنده و اکسنده نیز برابر است با:

روش اول) استفاده از کسرهای تناسب:

$$\underbrace{\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}}_{Mg} = \underbrace{\frac{\text{شمار الکترون}}{\text{ضریب} \times N_A}}_{e^-} \Rightarrow \frac{26/4 \times 1000g}{1 \times 24} = \frac{x}{2 \times 6/02 \times 10^{23}} \Rightarrow x = 1/32 \times 10^{27}$$

روش دوم) استفاده از ضریب تبدیل:

$$?e^- = 26/4 Kg\,Mg \times \frac{1000g\,Mg}{1Kg\,Mg} \times \frac{1mol\,Mg}{24g\,Mg} \times \frac{2mole^-}{1mol\,Mg} \times \frac{6/02 \times 10^{23} e^-}{1mole^-} = 1/32 \times 10^{27}$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۱۹ ابتدا مقدار مول H_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,H_2 = ۲۶/۸۸\,LH_2 \times \frac{۱\,mol\,H_2}{۲۲/۴\,LH_2} = ۱/۲\,mol$$

اگر فرض کنیم که مول گاز H_2 در واکنش (I) برابر x مول باشد، داریم:

$$?\,g\,Sn = x\,mol\,H_2 \times \frac{۱\,mol\,Sn}{۱\,mol\,H_2} \times \frac{۱۱۹\,g}{۱\,mol\,Sn} \rightarrow m_{Sn} = ۱۱۹x\,g$$

بنابراین $(۱/۲ - x)$ مول گاز H_2 در واکنش (II) خواهیم داشت و می‌توان نوشت:

$$?\,g\,Fe = (۱/۲ - x)\,mol\,H_2 \times \frac{۱\,mol\,Fe}{۱\,mol\,H_2} \times \frac{۵۶\,gr\,Fe}{۱\,mol\,Fe} \Rightarrow m_{fe} = (۶۷/۲ - ۵۶)\,g$$

اکنون می‌توان نوشت:

$$m_{Sn} + m_{Fe} = ۷۹/۸ \Rightarrow ۱۱۹x + ۶۷/۲ - ۵۶x = ۷۹/۸ \Rightarrow ۶۳x = ۱۲/۶ \Rightarrow x = ۰/۲\,mol$$

جرم Sn و Fe در حلبی به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$Sn: ۱۱۹x \Rightarrow ۱۱۹ \times ۰/۲ = ۲۳/۸\,g \xrightarrow{\text{بنابراین}} \text{جرم } Fe = ۷۹/۸ - ۲۳/۸ = ۵۶\,g$$

درصد جرمی Fe در حلبی برابر است با:

$$\text{درصد جرمی } Fe = \frac{m_{Fe}}{m_{\text{قطعه}}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \frac{۵۶}{۷۹/۸} \times ۱۰۰ \simeq ۷۰\%$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۲۰ عبارت‌های دوم و چهارم درست‌اند.

بررسی همه موارد:

- فرآیند برقکافت، گرماگیر است. در واکنش‌های گرماگیر، مجموع سطح انرژی مواد فرآورده بیشتر از مواد واکنش‌دهنده است.
- در آند این سلول، گاز Cl_2 تولید می‌شود که عنصر آن، دارای دو نوع ایزوتوپ طبیعی $^{۳۵}_{۱۷}Cl$ و $^{۳۷}_{۱۷}Cl$ است. ماده تولید شده در کاتد این سلول نیز منیزیم است که ۳ ایزوتوپ طبیعی $^{۲۴}_{۱۲}Mg$، $^{۲۵}_{۱۲}Mg$ و $^{۲۶}_{۱۲}Mg$ دارد.
- سالانه (نه ماهانه!) حدود ۲۰٪ آهن تولیدی در جهان جایگزین قطعه‌های خورده شده می‌شود.
- ماده مورد نظر گرافیت (C) است. از $^{۱۲}_{۶}C$ برای تعیین جرم اتمی سایر عناصر استفاده شد.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۲۱ واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$Fe_2O_3(s) + ۳H_2(g) \rightarrow ۲Fe(s) + ۳H_2O(l)$$

کاهش جرم مواد جامد به دلیل کاهش جرم O۳ که معادل با ۴۸ گرم است، ایجاد شده است، پس به‌ازای تولید ۳ مول آب (ضریب آب)، ۴۸ گرم از جرم مواد جامد کاسته شده است، در نتیجه:

$$\begin{matrix} ۳\,mol\,H_2O & \text{کاهش جرم } ۴۸\,g \\ x & \text{کاهش جرم } ۱۶۸\,g \end{matrix} \Rightarrow x = \frac{۱۶۸ \times ۳}{۴۸} = ۱۰/۵\,mol\,H_2O$$

آب طی واکنش زیر برقکافت می‌شود:

$$۲H_2O(l) \rightarrow ۲H_2(g) + O_2(g)$$

در اطراف آند مربوط به سلول الکترولیتی برقکافت آب، گاز اکسیژن تولید می‌شود، پس:

$$\frac{\text{مول}}{\underbrace{\text{ضریب}}_{H_2O}} \times \frac{R}{۱۰۰} = \frac{\text{گرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{O_2}} \Rightarrow \frac{۱۰/۵}{۲} \times \frac{۴۰}{۱۰۰} = \frac{x}{۱ \times ۳۲} \Rightarrow x = ۶۷/۲\,g$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

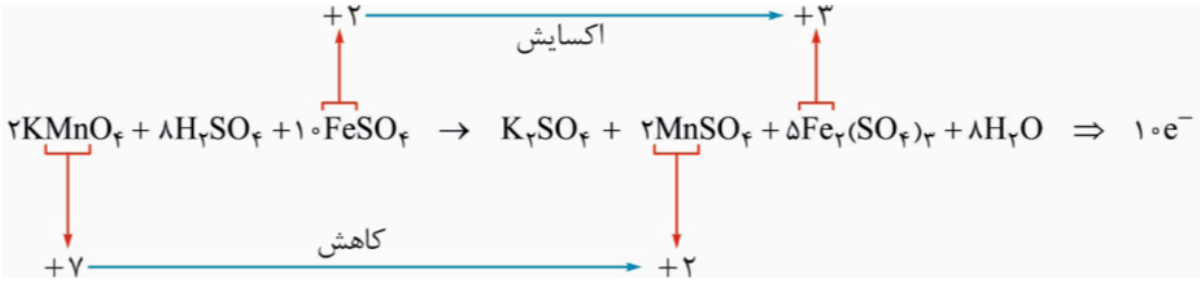
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۲۲ ابتدا مول الکترون مبادله شده در سلول سوختی $H_2 - O_2$ را محاسبه می‌کنیم:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \Rightarrow 4e^-$$

$$?\,mol\,e^- = 5/6\,L\,H_2 \times \frac{1\,mol\,H_2}{22/4\,L\,H_2} \times \frac{4\,mol\,e^-}{2\,mol\,H_2} = 0/5$$

موازنه واکنش داده شده نیز به‌صورت زیر است:



اکنون می‌توان جرم $FeSO_4$ مصرف شده را محاسبه کرد:

روش اول) استفاده از کسرهای تناسب:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{FeSO_4}} = \frac{\text{مول}}{\underbrace{\text{ضریب}}_{e^-}} \Rightarrow \frac{x}{152 \times 10} = \frac{0/5}{10} \Rightarrow x = 76\,g$$

روش دوم) استفاده از ضریب تبدیل:

$$?\,g\,FeSO_4 : 0/5\,mol\,e^- \times \frac{10\,mol\,FeSO_4}{10\,mol\,e^-} \times \frac{152\,g\,FeSO_4}{1\,mol\,FeSO_4} = 76\,g$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۲۳ فقط مورد (ب) نادرست است.

بررسی همه عبارت‌ها:

الف) اولین رسوبی که در فرآیند خوردگی آهن حاصل می‌شود، رسوب سبز رنگ $Fe(OH)_2$ است. نسبت شمار آنیون به کاتیون در این ترکیب برابر با ۲ است.

ب) فلز قلع در حلبی نقش کاتد را دارد ولی کاهش نمی‌یابد. O_2، اکسنده بوده و کاهش می‌یابد.

پ) کاملاً درسته! روکش ذکر شده جنسی از Zn دارد و می‌تواند به‌صورت خودبه‌خود با محلول $CuSO_4$ واکنش دهد و دمای محلول را افزایش دهد.

ت)

$$2Fe \rightarrow 2Fe^{2+} + 4e^- : \text{اکسایش در آند}$$

$$1O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^- : \text{کاهش در کاتد}$$

همان‌طور که مشخص است به‌ازای تولید $4\,mol$ الکترون در آند، ۲ مول آب در کاتد مصرف می‌شود؛ پس به‌ازای تولید ۱ مول الکترون در آند، ۰/۵ مول آب در کاتد مصرف می‌شود.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۴۲۴ با روکش‌دار کردن آهن با فلزی با E° بیشتر از آهن، مثل نقره، نه تنها نقره خود را فدای آهن نمی‌کند بلکه سرعت خوردگی آهن را نیز افزایش می‌دهد. می‌دانیم که فورمیک اسید نیز، قوی‌تر از پروپانوئیک اسید بوده؛ در نتیجه سرعت خوردگی آهن در ظرف ۳ از همه ظرف‌ها بیشتر است. همچنین، هگزان جزء آلکان‌های مایع بوده و از خوردگی آن جلوگیری می‌کند.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۲۵

۱) $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 \Rightarrow \frac{\text{ضریب اکسنده}}{\text{ضریب کاهنده}} = \frac{1}{3}$

۲) $Cl_2 + 2KI \rightarrow 2KCl + I_2 \Rightarrow \frac{\text{ضریب اکسنده}}{\text{ضریب کاهنده}} = \frac{1}{2}$

۳) $2Cr + 6H_2SO_4 \rightarrow 1Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3SO_2 \Rightarrow \frac{\text{ضریب اکسنده}}{\text{ضریب کاهنده}} = \frac{6}{2} = 3$

۴) $1CH_4 + 2O_2 \rightarrow 1CO_2 + 2H_2O \Rightarrow \frac{\text{ضریب اکسنده}}{\text{ضریب کاهنده}} = \frac{2}{1} = 2$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۲۶ عبارت ذکر شده درست است. همچنین همه عبارت‌های داده شده نیز درست‌اند.

بررسی همه موارد:

- H^+ در غشای مبادله کننده یون هیدرونیوم از آند به کاتد حرکت می‌کند. الکترون‌ها نیز در مدار خارجی از سمت آند به کاتد حرکت می‌کنند.

- در شرایط یکسان، نسبت چگالی دو گاز با نسبت جرم مولی آن‌ها برابر است:

$$\frac{\text{چگالی گونه کاهنده}}{\text{چگالی گونه اکسنده}} = \frac{\text{چگالی } H_2}{\text{چگالی } O_2} = \frac{\text{جرم مولی } H_2}{\text{جرم مولی } O_2} = \frac{2}{32} = \frac{1}{16}$$

- از کاتد سلول، بخار آب خارج می‌شود که مولکولی قطبی بوده و نیروی بین مولکولی بین ذرات آن همانند ذرات متانول از نوع پیوند هیدروژنی است.

- سلول سوختی در جهت توسعه شیمی سبز بوده و ردپای CO_2 را در محیط کاهش می‌دهد. این سلول برخلاف باتری‌ها نمی‌تواند انرژی شیمیایی را در خود ذخیره کند.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۴۲۷ حداکثر عدد اکسایش Mo مانند عنصر هم‌گروه خود یعنی Cr، برابر ۶+ است. از طرفی بار کل NH_4، یک بار مثبت است. بنابراین عدد اکسایش عنصر X را به‌دست می‌آوریم:

$$(NH_4)_2XMo_{12}O_{40} \rightarrow 2(+1) + x + 12(+6) + 40(-2) = 0 \rightarrow x = +5$$

از این‌رو، عدد اکسایش عنصر مورد نظر برابر ۵+ است که در میان گزینه‌ها، فقط فسفر می‌تواند چنین عدد اکسایشی را تجربه کند. دقت کنید که محدوده عدد اکسایش عناصر گروه ۱۵ مانند N و P، بین ۳- تا ۵+ است.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

www.MrKonkor.com
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۲۸ با توجه به این که pH محلول الکترولیت در نیم‌سلول SHE افزایش یافته است، می‌توان گفت که E° مربوط به نیم‌سلول Y منفی است و واکنش انجام شده به‌صورت زیر است:

$$Y + 2H^+ \rightarrow Y^{2+} + H_2$$

$\left[H^+\right]$ کاهش یافته و مقدار pH افزایش یافته است. همچنین چون حرکت الکترون‌ها در سلول گالوانی $X-SHE$ از سمت الکترود X به SHE بوده، E° مربوط به نیم‌سلول X نیز منفی است. بنابراین ترتیب قدرت کاهندگی فلزات با توجّه به E° آن‌ها به‌صورت $Y > X > Cu$ است. با توجّه به توضیحات داده شده عبارت‌های (ب) و (پ) درست‌اند.

بررسی همه موارد:

الف) واکنش انجام شده در سلول $X-SHE$ به‌صورت $X + 2H^+ \rightarrow X^{2+} + H_2$ بوده و با کاهش $\left[H^+\right]$، مقدار pH افزایش می‌یابد.

ب) از دیواره متخلخل، کاتیون‌ها به سمت کاتد حرکت می‌کنند.

پ) کاملاً درسته.

ت) مقدار emf سلول $X - Y$ (X: آند، Y: کاتد) به‌صورت زیر است:

$$emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \Rightarrow emf = -0/14 - (-1/18) = 1/04\,V$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۲۹ در فرآیند خوردگی آهن، خود فلز آهن به عنوان آند و کاتد عمل می‌کند. البته آهن در آند، اکسایش می‌یابد ولی O_2 در کاتد کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) نیم‌واکنش کاتدی در فرآیند خوردگی آهن در یک‌محیط غیراسیدی به‌صورت $2H_2O(l) + O_2(g) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$ است که در آن یون OH^- تولید می‌شود. بنابراین محیط خاصیت بازی پیدا کرده و pH آن افزایش می‌یابد.

۳) در معادله کلی، $Fe(OH)_3$ تولید می‌شود:

$$4Fe(s) + 6H_2O(l) + 3O_2(g) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$$

۴) اسیدی کردن محیط، همانند مرطوب کردن آن، سبب افزایش سرعت خوردگی آهن می‌شود.

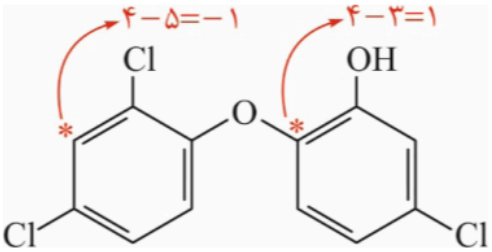
(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۳۰ همه عبارت‌های داده شده درست‌اند.

بررسی همه موارد:

- سلول‌های خورشیدی در ساخت چراغ خورشیدی کاربرد دارند. عنصر اصلی سازنده سلول‌های خورشیدی نیز، $_{14}Si$ است که مطابق آرایش الکترونی مقابل، ۸ الکترون در زیرلایه p دارد: $_{14}Si: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
- لیتیم کمترین E° را بین فلزات دارد. پایدارترین ایزوتوپ لیتیم، $^{7}_{3}Li$ است که در هر اتم آن، ۴ نوترون وجود دارد.
- عدد اکسایش دو اتم کربن در شکل مشخص است:



- اگر سطح آهن (فلز واسطه) را با فلز قلع (فلز اصلی) بپوشانیم، حلبی ساخته می‌شود. با توجّه به این که E° آهن کمتر از E° قلع است، با ایجاد خراش در حلبی، آهن اکسایش می‌یابد.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۴۳۱ موارد (الف)، (ب) و (ت) نادرست‌اند.

بررسی همه موارد:

الف) فلز X در آند (قطب مثبت) اکسایش یافته و کاتیون‌های آن روی جسم Y (قطب منفی) می‌نشیند. (دقت کنید که در سلول الکترولیتی آند و کاتد به ترتیب قطب مثبت و منفی سلول هستند.)

ب) معادله کلی واکنش به‌صورت $X_{(s,\text{آند})} \rightarrow X_{(s,\text{کاتد})}$ است. (به جابه‌جایی کاتد و آند در سؤالات توجّه داشته باشید.)

پ) در فرآیند آبکاری، نیم واکنش‌های آندی و کاتدی هر دو مربوط به فلز پوشاننده (در این مثال: X) هستند.

ت) فرآیند آبکاری غیر خودبه‌خودی (در خلاف جهت طبیعی) بوده و توسط یک ولتاژ خارجی انجام می‌پذیرد.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۳۲ با مخلوطی از دو نمک مذاب در سلول الکترولیتی روبه‌رو هستیم. در این حالت، در کاتد بین کاتیون‌ها و در آند بین آنیون‌ها رقابت شکل می‌گیرد که باید آن‌ها را بررسی کرد:

رقابت آندی: در آند Cl^- و F^- برای اکسایش با هم رقابت کرده و آنیونی که E° پایین‌تری در سری الکتروشیمیایی دارد (یعنی Cl^-) پیروز می‌شود، بنابراین در آند، نیم‌واکنش اکسایش چنین خواهد بود:

$$\text{نیم‌واکنش آندی}: 2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$$

رقابت کاتدی: در کاتد Fe^{2+} و Mn^{2+} برای کاهش با هم رقابت کرده و کاتیونی که E° بالاتری در سری الکتروشیمیایی دارد (یعنی Fe^{2+}) پیروز می‌شود، بنابراین در کاتد، نیم‌واکنش کاهش چنین خواهد بود:

$$\text{نیم‌واکنش کاتدی}: Fe^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$$

بنابراین، طی انجام نیم واکنش‌ها، Cl_2 در آند و Fe در کاتد تولید شده است:

$$\text{واکنش کلی}: Fe^{2+}(l) + 2Cl^-(l) \rightarrow Fe(s) + Cl_2(g)$$

نسبت جرم‌ها را به‌ازای ضرایب استوکیومتری به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم } Cl_2 \text{ تولیدی در آند}}{\text{جرم } Fe \text{ تولیدی در کاتد}} = \frac{1\times 71}{1\times 56} \simeq 1/27$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۳۳ از آن‌جا که قدرت کاهندگی A یا B از C بیشتر است، بنابراین یکی از دو واکنش زیر انجام می‌شود:

$$I)\ 2A(s) + C^{2+}(aq) \rightarrow 2A^+(aq) + C(s)$$

$$II)\ 2B(s) + 3C^{2+}(aq) \rightarrow 2B^{3+}(aq) + 3C(s)$$

در واکنش اول به‌ازای مصرف (خروج) هر ۲ مول اتم A از ساختار تیغه، یک مول اتم C جایگزین می‌شود، بنابراین در مجموع از شمار اتم‌های تیغه کم می‌شود.

در واکنش دوم به‌ازای مصرف (خروج) هر ۲ مول اتم B از ساختار تیغه، ۳ مول اتم C جایگزین آن می‌شود، بنابراین در مجموع، شمار اتم‌های تیغه افزایش می‌یابد. براین اساس حالت دوم مدنظر بوده و داریم:

$$\text{میزان قدرت کاهندگی}: B > C > A$$

طی واکنش انجام شده، ۶ مول الکترون بین گونه‌های اکسنده و کاهنده مبادله می‌شود. اگر بازده واکنش برابر ۵۰٪ باشد، مقدار مول الکترون مبادله شده به‌ازای ضرایب برابر ۳ مول است:

$$3\,mole^- \times \frac{6/02\times 10^{23} e^-}{1\,mole^-} = 18/06\times 10^{23}$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) از آن‌جا که قدرت کاهندگی فلز C از A و فلز A از آهن بیشتر است، پس فلز C می‌تواند با نمک‌های فلز آهن به‌طور طبیعی واکنش دهد.

۲) مطابق با واکنش نوشته شده (واکنش دوم)، درست است.

۴) از آن‌جا که قدرت کاهندگی فلز B از فلز A بیشتر است، این واکنش می‌تواند به‌صورت طبیعی و در سلول گالوانی انجام شود.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۳۴ واکنش انجام شده در ظرف به‌صورت مقابل است:

$$۳Ag(s) + AuCl_۳(aq) \rightarrow \underbrace{۳AgCl(s)}_{\text{رسوب سفید رنگ}} + Au(s)$$

بنابراین موارد دوم و سوم درست‌اند.

بررسی همه عبارت‌ها:

- الکترود و کاتیون‌های موجود در الکترولیت مورد استفاده در نیم‌سلول نقره هر دو باید متعلق به فلز نقره باشند.

- مطابق با معادله نمادی واکنش، یون‌های $Au^{۳+}$ و Cl^- محلول با انجام واکنش به ترتیب به $Au(s)$ و $AgCl(s)$ تبدیل می‌شوند و از محلول خارج می‌شوند، بنابراین شمار مول یون‌های موجود در محلول کم می‌شود که سبب کاهش رسانایی الکتریکی محلول می‌شود. همچنین هر دو فرآورده تولید شده یعنی Au و AgCl به حالت جامد دیده می‌شوند.

- این واکنش گرماده است بنابراین دمای محلول پس از انجام واکنش بالاتر می‌رود و می‌تواند از θ به $\theta + ۱۰$ افزایش پیدا کند.

- با توجّه به واکنش انجام شده به‌ازای مصرف ۳ مول Ag، ۴ مول یون $\left(۱Au^{۳+} + ۳Cl^-\right)$ کم می‌شود، بنابراین داریم:

$$?\text{یون} = ۸۱۰\,g\,Ag \times \frac{۱\,mol\,Ag}{۱۰۸\,g\,Ag} \times \frac{۴\,mol\,\text{یون}}{۳\,mol\,Ag} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\,\text{یون}}{۱\,mol\,\text{یون}} = ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۴}$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۳۵ واکنش انجام شده به‌صورت مقابل است: $۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(g)$

توجه داشته باشید که گاز وارد شده به آند، گاز $H_۲$ و گاز خارج شده از آن، گاز $H_۲$ مصرف نشده است، بنابراین میزان جرم $H_۲$ مصرف شده به‌دست می‌آید:

$$\text{جرم } H_۲ \text{ مصرف شده} = \text{جرم } H_۲ \text{ ورودی} - \text{جرم } H_۲ \text{ خروجی} = m - \frac{m}{۲} = \frac{m}{۲}\ g\ \ H_۲$$

$H_۲$ مصرف شده و مقداری $H_۲O$ تولید می‌کند:

$$\frac{m}{۲}\,g\,H_۲ \times \frac{۱\,mol\,H_۲}{۲\,g\,H_۲} \times \frac{۲\,mol\,H_۲O}{۲\,mol\,H_۲} \times \frac{۱۸\,g\,H_۲O}{۱\,mol\,H_۲O} = \frac{۹}{۲}m\,g\,H_۲O$$

از طرفی، گاز وارد شده به کاتد، گاز $O_۲$ و گاز خارج شده از آن، مخلوطی از گازهای $O_۲$ مصرف نشده و بخار آب تولید شده است. بنابراین میزان جرم $O_۲$ مصرف نشده به‌دست می‌آید:

$$\text{جرم } O_۲ \text{ مصرف نشده} = \text{جرم خروجی کاتد} - \text{جرم } H_۲O \text{ خروجی} = ۵m - \frac{۹}{۲}m = \frac{m}{۲}g\ \ O_۲$$

اکنون جرم $O_۲$ وارد شده به کاتد را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم } O_۲ \text{ ورودی} = \text{جرم } O_۲ \text{ مصرف نشده} + \text{جرم } O_۲ \text{ مصرف شده}$$

$$\frac{m}{۲} + \left(\frac{m}{۲}\,g\,H_۲ \times \frac{۱\,mol\,H_۲}{۲\,g\,H_۲} \times \frac{۱\,mol\,O_۲}{۲\,mol\,H_۲} \times \frac{۳۲\,g\,O_۲}{۱\,mol\,O_۲}\right) = \frac{m}{۲} + ۴m = \underline{\frac{۹}{۲}m = ۴/۵m}$$

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۳۶ واکنش انجام شده در سلول به‌صورت مقابل است: $Pb(s)+2H^+(aq)\rightarrow Pb^{2+}(aq)+H_2(g)$

بنابراین عبارت‌های (ب) و (پ) درست‌اند.

بررسی همه موارد:

الف) از آن‌جا که NO با آب واکنش شیمیایی نمی‌دهد بنابراین غلظت یون‌های نیم‌سلول کاتدی را تغییر نمی‌دهد و به خاطر عدم تغییر غلظت یون‌ها، ولتاژ سلول ثابت می‌ماند. دقت کنید که NO به‌صورت مولکولی در آب حل می‌شود و خاصیت اسیدی ندارد.

ب) عدد اکسایش گونه کاهنده یعنی Pb در واکنش از صفر به ۲+ تغییر داشته (۲ واحد) و عدد اکسایش هر اتم اکسیژن در واکنش سوختن کامل متان نیز از ۰ به ۲- رسیده و ۲ واحد تغییر می‌کند.

پ) با توجّه به واکنش به‌ازای تولید هر مول H_2، دو مول H^+ مصرف و یک مول Pb^{2+} تولید می‌شود، در نتیجه به‌ازای تولید هر مول H_2، یک مول یون از محلول کاسته می‌شود و داریم:

$$?\text{یون}=1/2\,g\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2}\times\frac{1\,mol\,\text{یون}}{1\,mol\,H_2}\times\frac{6/02\times10^{23}\,\text{یون}}{1\,mol\,\text{یون}}=36/12\times10^{22}$$

ت) الکترون‌ها از دیواره متخلخل عبور نمی‌کنند بلکه از طریق سیم (مدار خارجی) از آند به سمت کاتد حرکت می‌کنند.

(پورسینا ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۳۷ عبارت‌های ب و پ نادرست‌اند.

بررسی همه عبارت‌ها:

الف) در سلول الکترولیتی قطب مثبت آند و در سلول گالوانی، قطب مثبت کاتد است. همان‌طور که می‌دانیم آند محل انجام نیم‌واکنش اکسایش است.

ب) در سلول الکترولیتی برقکافت آب، فراورده تولید شده در سمت آند، گاز اکسیژن و در سمت کاتد، گاز هیدروژن است. طیف نشری خطی اتم هیدروژن دارای ۴ خط رنگی با انرژی و طول موج‌های متفاوت است.

پ) در سلول الکترولیتی مربوط به سلول هال، جرم الکترود گرافیتی مربوط به آند کاهش می‌یابد، ولی جرم الکترود گرافیتی مربوط به کاتد بدون تغییر می‌ماند. در سلول سوختی هیدروژن- اکسیژن که نوعی سلول گالوانی است، جرم الکترودهای گرافیتی آند و کاتد تغییر نمی‌کند.

ت) نیم‌واکنش اکسایش در برقکافت منیزیم کلرید مذاب و سدیم کلرید مذاب یکسان بوده و به‌صورت زیر است:

$$2Cl^-(l)\rightarrow Cl_2(g)+2e^-$$

طی این فرایند یون کلرید به گاز کلر تبدیل می‌شود.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۳۸ $Zn(s)+Cu^{2+}(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+Cu(s)$

تغییر جرم به علّت کاهش جرم روی و افزایش جرم مس به تیغه اتفاق می‌افتد.

اگر ۲ الکترون مبادله شود، ۶۵ گرم روی از تیغه جدا و ۶۴ گرم مس بر روی تیغه قرار می‌گیرد. پس ۱g از جرم تیغه اوّلیه کاسته می‌شود.

$$12/04\times10^{22}\,e\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e}\times\frac{-1\,g}{2\,mol\,e}=-0/1\,g$$

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۳۹ موارد (ب) و (ت)

بررسی موارد:

آ) قدرت کاهندگی روی از نقره بیشتر است، پس نقره با محلول روی واکنش نمی‌دهد.

ب) برای قدرت کاهندگی باید از Ag و Zn استفاده کرد نه کاتیون‌ها.

پ) کمترین emf مربوط به سلول گالوانی حاصل از نیم سلول‌های مس و نقره است.

ت) در سلول گالوانی منیزیم و روی، منیزیم نقش آند دارد پس آنیون‌ها از دیواره متخلخل به سمت آن می‌روند.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۴۰ اولین گزینه صحیح است.

$$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu \quad (\text{کاتد})$$

$$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e \quad (\text{آند})$$

غلظت Al^{3+} در حال افزایش است. ضمناً مس کاتد است و در حال افزایش جرم است.

دومین گزینه هم صحیح است. این مطلب را در نظر داشته باشید که وقتی می‌گویند اختلاف پتانسیل بین تیغه و محلول در کدام بیشتر است، باید قدرمطلق عدد را با هم مقایسه کنیم.

سومین گزینه صحیح است.

اولاً بر جرم مس که کاتد است، افزوده می‌شود.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e \rightarrow Cu_{(s)}$$

هر مول مس که تولید می‌شود، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود. حالا که ۰/۴ مول الکترون مبادله می‌شود، ما شاهد افزایش جرم ۱۲/۸ گرم خواهیم بود.

$$\text{جرم مس} = 0/2\,\text{mol e} \times \frac{64\,\text{g Cu}}{1\,\text{mol e}} = 12/8\,\text{g Cu}$$

گزینه ۴ هم صحیح است.

توجه کنید که عواملی سبب تغییر در ولتاژ سلول می‌شود، عبارتند از:

۱- تغییر غلظت کاتیون Al^{3+}

۲- تغییر غلظت کاتیون Cu^{2+}

۳- دما

توجه داشته باشید جرم تیغه‌ها روی ولتاژ سلول گالوانی تأثیری ندارد.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۴۱ آرایش الکترونی لایه ظرفیت عنصر $A(3d^5 4s^1)$، $B(3d^{10} 4s^2)$، $C(4s^1)$ و $D(3d^7 4s^2)$ می‌باشد، بنابراین A، B، C و D به ترتیب $_{24}Cr$، $_{30}Zn$، $_{19}K$ و $_{27}CO$ هستند.

عبارت‌های (ب) و (ث) نادرست هستند.

درستی الف: روی (Zn) تنها دارای کاتیون Zn^{2+} می‌باشد و واکنش‌پذیری آن از عنصر قبلی خود (Cu) بیشتر است.

نادرستی ب: بین $_{27}Co$ و $_{36}Kr$ عناصر $_{28}Ni$، $_{29}Cu$، $_{30}Zn$ و $_{31}Ga$ فقط فلز هستند. $_{32}Ge$ شبه‌فلز و بقیه عناصر نافلزند.

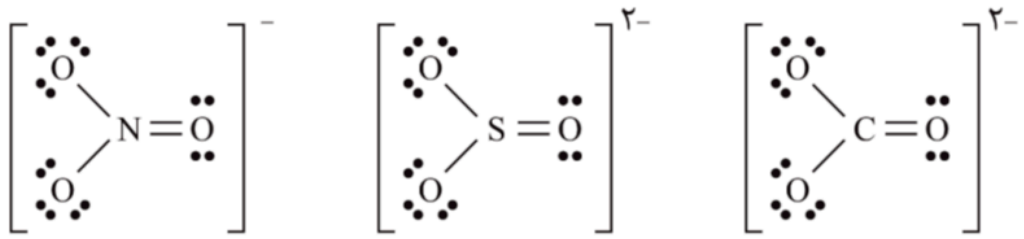
درستی پ: $_{24}Cr$ از قاعده آبنا پیروی نمی‌کند و دارای اکسیدهای CrO و Cr_2O_3 است.

درستی ت: عدد اکسایش پتاسیم در KF برابر ۱ و عدد اکسایش اکسیژن در OF_2 برابر ۲ می‌باشد.

نادرستی ث: شمار الکترون‌های زیرلایه با $l=2$ در عناصر A، B و C به ترتیب ۵، ۱۰ و صفر می‌باشد.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۴۲ هر سه آنیون ناقطبی بوده و نسبت شمار جفت الکترون پیوندی به ناپیوندی در آنها برابر ۰/۵ است.



نیترات | سولفیت | کربنات

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۴۴۳ ابتدا واکنش‌ها را موازن می‌کنیم:

$$I)\ 4KMnO_4 + C_8H_{10} \longrightarrow 4KOH + C_8H_6O_4 + 4MnO_2$$

$$II)\ Cu + 4HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

$$III)\ FeCl_3 + 3CuI \longrightarrow 3CuCl + FeI_3$$

گزینه ۱: حاصل نسبت بیان‌شده $\frac{9}{5}$ است که از دو کمتر است.

گزینه ۲:
$$44/8\,NO_2 \times \frac{1\,mol\,NO_2}{22/4\,L\,NO_2} \times \frac{1\,mol\,Cu}{2\,mol\,NO_2} \times \frac{64\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu} = 64\,g\,Cu$$

گزینه ۳: باتوجه به ضرایب استوکیومتری، نادرست است.

گزینه ۴:
$$15/8\,g\,KMnO_4 \times \frac{1\,mol\,KMnO_4}{158\,g\,KMnO_4} \times \frac{4\,mol\,KOH}{4\,mol\,KMnO_4} \times \frac{1\,mol\,OH^-}{1\,mol\,KOH} = 0/1\,mol\,OH$$

$$[OH^-] = 0/1 \rightarrow pH = 13$$

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud

۴۴۴ در یک سلول الکترولیتی، در هریک از الکترودهای آندی و کاتدی رقابتی بین ذره‌های موجود صورت می‌گیرد. در سلول داده شده در صورت سؤال، در رقابت آندی، آنیون‌ها، الکترود آهن و مولکول‌های آب با یکدیگر به رقابت می‌پردازند که در آن گونه‌ای که پتانسیل کاهشی کوچک‌تری داشته باشد، اکسایش می‌یابد. باتوجه به پتانسیل‌های الکترودی استاندارد داده شده، در این رقابت آهن پیروز شده و نیم‌واکنش آندی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$$

همچنین در رقابت کاتدی، کاتیون‌ها و مولکول‌های آب برای کاهش یافتن به رقابت می‌پردازند که در آن گونه‌ای که پتانسیل کاهشی بزرگتری داشته باشد، کاهش می‌یابد. باتوجه به پتانسیل‌های کاهشی داده شده، مولکول‌های آب مطابق معادلهٔ زیر کاهش می‌یابند:

$$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$$

بنابراین در مجموع در آند یون‌های آهن(II) و کاتد یون هیدروکسید و گاز هیدروژن تولید می‌شوند؛ بنابراین واکنش کلی سلول به صورت زیر خواهد بود:

$$Fe(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Fe(OH)_2(s) + H_2(g)$$

از آنجایی که رسوب آهن(II) هیدروکسید خصلت بازی دارد، محلول الکترولیت ما در مجموع خصلت بازی دارد.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۴۴۵ عبارت‌های (آ) و (ب) درستند.

بررسی همه عبارت‌ها

عبارت آ B^{2+} با داشتن E° کمتر، اکسنده ضعیف‌تری است.

عبارت ب B^{2+} امکان اکسایش دارد، اما تمایل آن به اکسایش بسیار کم است $(-0/77)$.

عبارت پ A و B^{2+} واکنش نمی‌دهند، زیرا تمایل A برای اکسید شدن کمتر از B است.

عبارت ت اختلاف پتانسیل کاهشی B و D بیشتر است. پس سلول گالوانی حاصل از B و D، ولتاژ بیشتری دارد.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۴۶ در سلول نورالکتروشیمیایی که نوعی سلول گالوانی است، واکنش زیر انجام می‌گیرد:

$$Si(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow SiO_2(s) + 2H_2(g)$$

تولید هر مول SiO_2 در این سلول، با مبادله چهار مول الکترون و مصرف دو مول H_2O و تولید دو مول H_2 همراه است.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۴۷ عبارت‌های (ب) و (ث) نادرست است.

بررسی عبارت‌های نادرست

عبارت ب سلول سوختی نوعی سلول گالوانی است و در آن، نیم‌واکنش کاهش در قطب مثبت انجام می‌گیرد. در حالی که در سلول آبکاری فلزها که نوعی سلول الکترولیتی است، نیم‌واکنش کاهش در قطب منفی صورت می‌گیرد. ث) در سلول الکترولیتی برقکافت سدیم‌کلرید مذاب، در قطب مثبت یعنی در آند، Cl^- اکسیدشده و گاز کلر حاصل می‌شود.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

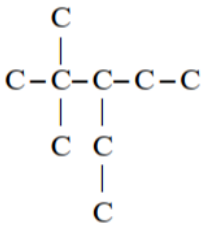
۴۴۸ عبارت ب و پ صحیح هستند.

- VO_2^+ قوی‌ترین اکسنده است.
- روی قادر به دادن الکترون به هر سه حالت عدد اکسایش ۳+، ۴+ و ۵+ وانادیوم است.
- با توجّه به این که در نهایت V^{5+} به V^{2+} تبدیل می‌شود، به‌ازای یک مول اکسنده (V^{5+}) سه مول الکترون مبادله می‌شود.
- ضریب الکترون پس از موازنه برابر یک است.

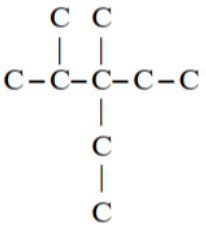
$$VO_2^+ + 2H^+ + e^- \rightarrow VO^{2+} + H_2O$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

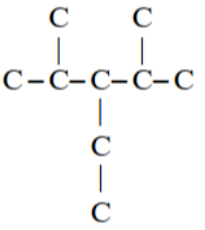
۴۴۹ عبارت‌های اول و چهارم درست است. ایزومرهای ساختاری هیدروکربن مذکور:



۳-اتیل ۲، ۲-دی‌متیل پنتان



۳-اتیل ۲، ۳-دی‌متیل پنتان



۳-اتیل ۲، ۴-دی‌متیل پنتان

توجه: شاخهٔ اتیل نمی‌تواند روی ۲ اتم کربن ابتدا و انتهای زنجیرهٔ اصلی قرار بگیرد. بنابراین a فقط ۳ می‌تواند باشد. حاصل $b+c$ می‌تواند ۴، ۵ یا ۶ باشد. (نادرستی مورد سوم)

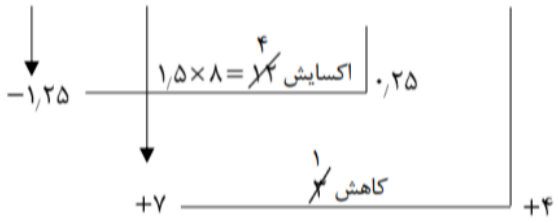
در آلکان‌ها کربن گروه $-CH_3$ عدد اکسایش ۳- و کربن متصل به گروه‌های هیدروکربنی (C) عدد اکسایش صفر دارد. در هر ۳ آلکان ترسیم‌شده ۵ گروه متیل دیده می‌شود اما در یکی از آن‌ها گروه $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$ دیده نمی‌شود. (نادرستی مورد دوم)

گرانروی C_9H_{20} از C_8H_{18} (بنزین) بیشتر است. اشتعال‌پذیری C_9H_{20} از C_8H_{18} کمتر است.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۴۵۰ روش اول:

$$1C_8H_{10} + 4MnO_4^- + 4H^+ \rightarrow 1C_8H_6O_4 + 4MnO_2 + 4H_2O$$



روش دوم:

$$1C_8H_{10} + aMnO_4^- + aH^+ \rightarrow 1C_8H_6O_4 + aMnO_2 + bH_2O$$

$$\begin{vmatrix} H: 10 + a = 6 + 2b \\ O: 4a = 4 + 2a + b \end{vmatrix} \rightarrow \begin{cases} 2b - a = 4 \\ 2a - b = 4 \end{cases} \rightarrow \boxed{a = b = 4}$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۵۱ عبارت نخست ← نادرست - از جرم تیغهٔ آندی ۲/۷ گرم کاسته می‌شود.

عبارت دوم ← درست - با مصرف Cu^{2+} و کاهش آن محلول کم‌رنگ‌تر می‌شود.

عبارت سوم ← درست - $E^\circ_{\text{سلول}} = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} = ۰/۳۴ - (-۱/۶۶) = ۲V$

عبارت چهارم ← نادرست - نیترات یون ناظر است و غلظت آن تغییر نمی‌کند.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۴۵۲ فقط عبارت دوم نادرست است.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت الف) درست - واکنش خوردگی آهن به صورت زیر است:

$$۴Fe(s)+۳O_۲(g)+۶H_۲O(l) \rightarrow ۴Fe(OH)_۳(s) \quad \text{مجموع ضرایب} = ۱۷$$

عبارت ب) نادرست - سالانه حدود ۲۰٪ از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعات خورده‌شده مصرف می‌شود.

عبارت پ) درست - براساس متن کتاب E° کاهش اکسیژن در محیط اسیدی بزرگتر است، پس تمایل آن به گرفتن الکترون افزایش می‌یابد.

عبارت ت) درست

$$\text{جرم آهن خورده‌شده} = \frac{۲۲۴}{۲} = ۱۱۲g$$

$$\frac{۱۱۲}{۵۶\times۴} = \frac{xL}{۳۰\times۳} \Rightarrow x = ۴۵LO_۲ \qquad \text{هوا } ۴۵LO_۲ \times \frac{۱۰۰L \text{ هوا}}{۲۰LO_۲} = ۲۲۵L$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۴۵۳

$$\underset{\downarrow}{Zn(s)} + \underset{\downarrow}{۲AgNO_۳(aq)} \rightarrow Zn(NO_۳)_۲(aq) + \underset{\downarrow}{۲Ag(s)}$$

$$۰/۰۴ \qquad ۰/۴\times۰/۲ = ۰/۰۸ mol \qquad ۰/۰۸ mol$$

$$\text{نقره اضافه‌شده به تیغه} = ۰/۰۸\times۱۰۸\times\frac{۵۰}{۱۰۰} = ۴/۳۲ \text{ گرم}$$

$$\text{مقدار روی مصرف‌شده} = ۰/۰۴\times۶۵ = ۲/۶g$$

$$\text{جرم تیغه} = ۲۵۰ - ۲/۶ + ۴/۳۲ = ۲۵۱/۷۲g$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۴۵۴

$$Al(s)+۳Ag^+(aq) \xrightarrow{۳e} Al^{۳+}(aq)+۳Ag(s)$$

ابتدا فرض می‌کنیم که تعداد a الکترون از مدار خارجی جریان یافته و تغییر غلظت مولار یون‌های Ag^+ و $Al^{۳+}$ را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{a_{(e)}}{NA\times۳} = \frac{M_{Al^{۳+}}\times۳}{۱} = \frac{M_{Ag^+}\times۱}{۳}$$

$$\Rightarrow \Delta[Al^{۳+}] = \frac{a_{(e)}}{NA\times۹} \quad , \quad \Delta[Ag^+] = \frac{a_{(e)}}{NA}$$

با توجه به اینکه غلظت اولیهٔ $Al^{۳+}$ و Ag^+ در شرایط استاندارد برابر یک مولار است، غلظت‌های نهایی آن‌ها به صورت زیر خواهد بود:

$$M_{Al^{۳+}} : ۱+\frac{a}{NA\times۹} \quad , \quad M_{Ag^+} : ۱-\frac{a}{NA}$$

حال تفاوت غلظت‌های نهایی را معادل ۰/۵ مولار در نظر می‌گیریم:

$$(۱+\frac{a}{۹NA})-(۱-\frac{a}{NA}) = ۰/۵ \Rightarrow \frac{a}{۹NA}+\frac{a}{NA} = \frac{a+۹a}{۹NA} = \frac{۱۰a}{۹NA} = ۰/۵$$

$$\Rightarrow a = \frac{۴/۵N}{۱۰} = \frac{۴/۵}{۱۰}\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳} \simeq \boxed{۲/۷\times۱۰^{۲۳}}$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۵۵ عبارت‌های الف و ت نادرست هستند.

الف) با توجه به واکنش کلی سلول به ازای مبادله ۲mol الکترون، یک مول تیغه آندی (Zn) خورده می‌شود و دو مول نقره بر سطح تیغه کاتدی می‌نشیند که اختلاف جرم ایجاد شده برابر مجموع این جرم‌هاست:

$$۲Ag^{+} + Zn \rightarrow ۲Ag + Zn^{۲+}$$

$$\text{اختلاف جرم} : (۲\times ۱۰۸) + ۶۵ = ۲۸۱g$$

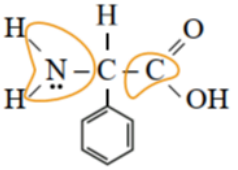
ب) با توجه به معادله کلی واکنش و ضرایب کاتیون‌ها؛ سرعت تغییر غلظت $Zn^{۲+}$ در محلول آندی نصف سرعت تغییر غلظت Ag^{+} در محلول کاتدی است.

پ) هر دو محلول آندی $\left(Zn^{۲+}\right)$ و کاتدی $\left(Ag^{+}\right)$ بی‌رنگ هستند.

ت) با جایگزین شدن Cu با Zn نقش الکترودها تغییر نمی‌کند و هم‌چنان مس در برابر نقره نقش آند را دارد ولی با توجه به جایگاه الکترودها در جدول E° مقدار emf سلول جدید کاهش می‌یابد.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۵۶ ابتدا عدد اکسایش C و N در ترکیب روبه‌رو را محاسبه می‌کنیم:



$$\text{عدد اکسایش N} \Rightarrow ۵ - (۲+۲+۲+۲) = ۵ - ۸ = -۳ \xrightarrow{\text{اختلاف}} ۳ - (-۳) = +۶$$

$$\text{عدد اکسایش C} \Rightarrow ۴ - (۱+۰+۰) = ۳$$

حال عدد اکسایش گوگرد در ترکیب‌های $S_۲O_۷^{۲-}$ و $SF_۴$ را محاسبه می‌کنیم:

$$S_۲O_۷^{۲-} : ۲x + \underbrace{۷\times(-۲)}_{=-۱۴} = -۲ \Rightarrow x = +۶ \Rightarrow ۴+۶ = ۱۰$$

$$SF_۴ : x + ۴\times(-۱) = ۰ \Rightarrow x = +۴$$

حال نسبت این دو عدد (اختلاف و مجموع) را حساب می‌کنیم که برابر است با:

$$\frac{۶}{۱۲+۴} = \frac{۶}{۱۶} = \frac{۳}{۸}$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۵۷ **الف) نادرست.** هر چند که به ظاهر بیشترین اختلاف ولت میان دو نیم‌واکنش $Al^{۳+}/Al$ و $Fe^{۳+}/Fe^{۲+}$ است ولی الکترود $Fe^{۲+}$ وجود ندارد و در عمل نمی‌توان یک سلول گالوانی با این نیم‌واکنش ساخت.

ب) درست. پتانسیل کاهشی گاز هیدروژن در محیط بازی برابر ۰/۸۳- و پتانسیل کاهشی $Cu^{۲+}$ برابر ۰/۳۴+ ولت است پس کاهنده قوی با اکسنده قوی واکنش می‌دهد.

پ) درست. هرچه پتانسیل کاهشی مثبت‌تر باشد، گونه اکسنده در آن نیم واکنش، اکسنده قوی‌تر خواهد بود.

ت) درست. یون $Fe^{۲+}$ هم می‌تواند اکسید شود و به $Fe^{۳+}$ تبدیل شود و هم می‌تواند الکترون بگیرد و به $Fe(s)$ تبدیل شود.

ث) درست. منظور از نیم‌سلول هیدروژن همان SHE است. پس:

$$\left.\begin{array}{l} emf(Al-Cu) = +۰/۳۴ - (-۱/۶۶) = ۲ \\ emf(Fe-H_۲) = ۰ - (-۰/۴۴) = ۰/۴۴ \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{۲}{۰/۴۴} = ۴/۵$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۵۸ **الف)** با توجه به توانایی نگهداری باقی محلول‌ها در ظرف از جنس فلز A، فلز A در جدول E° بیشتری داشته و بالاتر است.

ب) کمترین میزان افزایش دما مربوط به فلزاتی است که کمترین تفاوت E° را داشته باشند. از آنجایی که $C^{2+}(aq)$ با $D(s)$ واکنش می‌دهد، اتم D از اتم C کاهنده‌تر است و E° مربوط به فلز C از فلز D بیشتر است و این دو عنصر در میان این ۴ عنصر متوالی هستند.

پ) از آنجایی که تمایل فلز B به اکسایش یافتن از باقی فلزات بیشتر است. این فلز در جدول E° از همه پایین‌تر خواهد بود و کمترین E° را دارد.

با توجه به اطلاعات فوق:

نیم واکنش	E°
$A^{2+} + 2e^- \rightarrow A$	↓
$C^{2+} + 2e^- \rightarrow C$	کاهش E° و افزایش قدرت کاهندگی
$D^{2+} + 2e^- \rightarrow D$	
$B^{2+} + 2e^- \rightarrow B$	

ترتیب قدرت کاهندگی: $B > D > C > A$ ←

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۵۹ **گزینه «۱»** درست. در سلول گالوانی همراه با تولید گرما از الکترون‌های مبادله شده برای تولید جریان استفاده می‌شود. بنابراین با توجه به اینکه ΔH کمیتی مقداری است اگر مقدار ماده مصرف شده نصف شود ΔH نیز نصف می‌شود.

گزینه «۲» درست. مس کاهنده ضعیف‌تری از آهن است و با محلول Fe^{2+} واکنش نمی‌دهد.

گزینه «۳» درست. هر چه کاهنده قوی‌تر باشد کاتیون آن، اکسنده ضعیف‌تری خواهد بود.

گزینه «۴» نادرست. یک واکنش اکسایش-کاهش به شرطی خودبه‌خودی است که الزاما گونه کاهنده E° کمتری از گونه اکسنده داشته باشد و قوی یا ضعیف بودن آنها مطرح نیست.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۶۰ **مورد اول:** نادرست. گاز ورودی به آند سلول سوختی هیدروژن را می‌توان مطابق معادله زیر از سلول نور-الکتروشیمیایی تهیه کرد.

واکنش سلول نور-الکتروشیمیایی : $Si(s)+H_2O(l)\rightarrow SiO_2(s)+H_2(g)$

مورد دوم: درست

$$\underbrace{2H_2(g)}_{\text{گاز ورودی به آند}} + \underbrace{O_2(g)}_{\text{گاز ورودی به کاتد}} \rightarrow \underbrace{2H_2O(g)}_{\text{گاز خروجی از کاتد}}$$

$$\underbrace{\frac{x}{2}\,mol}_{\text{به صورت کامل مصرف می‌شود}} \qquad \underbrace{\frac{2x}{32}=\frac{x}{16}\,mol}_{\text{مقداری از } H_2(g) \text{ باقی می‌ماند}}$$

$$\frac{\frac{x}{16}\,mol\,O_2}{1\,mol}=\frac{?\,g\,H_2O}{2\times 18\,g}\rightarrow ?=\frac{9}{4}x\,g$$

مورد سوم: درست

$$2H_2+O_2\rightarrow 2H_2O, e^-=2\times 2\times 1=4$$

$$\frac{x\,g\,H_2}{2\times 2}=\frac{?\,mole^-}{4}\rightarrow ?=x$$

$$CH_4+2O_2\rightarrow CO_2+2H_2O, e^-=1\times 1\times 8=8$$

$$\frac{x\,g\,CH_4}{1\times 16}=\frac{?\,mol\,e^-}{8}\rightarrow ?=\frac{x}{2}$$

پس در صورت مصرف جرم‌های برابر از گاز هیدروژن و گاز متان، شمار الکترون‌های مبادله شده در سلول سوختی متان کمتر است.

مورد چهارم: درست. توجه کنید در سلول سوختی، الکترودهای آندی و کاتدی نقش کاتالیزگر را دارند و اکسایش یا کاهش پیدا نمی‌کنند بنابراین جرم آنها تغییر نمی‌کند.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۶۱ از آنجایی که فراورده کاتدی $A(l)$ است، A^{2+} از D^{+} اکسنده‌تر E° فلز A از E° فلز D بیشتر است. از سویی به علت تولید $C_2(g)$ در آند، C^{-} از B^{-} کاهنده‌تر بوده و E° مربوط به $C_2(g)$ از $B_2(g)$ کمتر است.



بررسی موارد:

آ) درست: یون A به صورت A^{2+} و چون D به صورت D^{+} بوده است. از آنجا که این دو عنصر جزو فلزات اصلی هستند، A و D به ترتیب مربوط به گروه‌های ۲ و ۱ جدول هستند؛ پس در صورت هم دوره بودن آنها شعاع اتم D به یقین از شعاع اتم A بیشتر است.

ب) نادرست: از آنجایی که فلزهای A و D، فلزات اصلی هستند. در رقابت کاتدی در مقابل آب بازنده هستند و نمی‌توان از محلول آبی برای برقکافت آن‌ها استفاده کرد.

پ) درست: در صورتی که عنصر C برم باشد؛ عنصرهای B می‌تواند Cl_2 (سنگین‌ترین هالوژن گازی) باشد زیرا $E^{\circ}_{(2Br^{-}/Br_2)} < E^{\circ}_{(2Cl^{-}/Cl_2)}$ است.

ت) نادرست: لزوما هرچه واکنش‌پذیری فلزی بیشتر باشد قدرت کاهندگی آن بیشتر نیست. برای مثال لیتیم کاهنده‌ترین فلز است ولی واکنش‌پذیری کمتری در مقایسه با سایر فلزهای گروه قلیایی دارد.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۴۶۲ **گزینه (۱) نادرست:** در برقکافت آب که در یک سلول الکترولیتی صورت می‌گیرد، در اطراف آند (تیغه مثبت)نیم واکنش اکسایش به صورت زیر رخ می‌دهد و با تولید H^{+}، محیط اسیدی می‌شود. در ضمن، گاز O_2 آزاد می‌شود.

$$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^{+}(aq) + 4e^{-}$$

گزینه (۲) نادرست: E° نیم واکنش کاتدی (کاهش) در فرآیند خوردگی در دو موقعیت اسیدی و خنثی به صورت زیر است:

$$O_2(g) + 4H^{+}(aq) + 4e^{-} \rightarrow 2H_2O(l) \quad E^{\circ} = +1/23V \quad \leftarrow \text{محیط اسیدی}$$

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}(aq) \quad E^{\circ} = +0/40V \quad \leftarrow \text{محیط خنثی}$$

با توجه به بیشترین بودن E° (کاتد) در محیط اسیدی، خوردگی آهن در این محیط به میزان بیشتری رخ می‌دهد. (emf سلول بزرگتر می‌شود.)

گزینه (۳) درست: در اثر ایجاد خراش در حلبی یا آهن سفید طی فرایند خوردگی، نیم واکنش کاهش به صورت زیر می‌باشد که در آن گاز اکسیژن الکترون دریافت کرده وکاهش می‌یابد:

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}(aq)$$

گزینه (۴) نادرست: در فرآیند آبکاری فلز پوشاننده به قطب مثبت (آند) متصل است و دچار اکسایش می‌شود اما نیم واکنش کاهش مربوط به کاهش کاتیون روکش می‌شود (نه قطعه مورد آبکاری). مثال:

نیم واکنش اکسایش: $Ag(s) \rightarrow Ag^{+}(aq) + e^{-}$

نیم واکنش کاهش: $Ag^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow Ag(s)$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۶۳

$$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$$

$$\frac{1/806\times10^{23}}{6/02\times10^{23}\times3} = \frac{xg}{197g} \Rightarrow x = 19/7g$$

با توجه به فرض سوال ۸۰ درصد از اتم‌های طلا بر روی دو سطح سکه به طور یکسان روکش شده‌اند پس جرم طلای روکش شده از هر روی سکه برابر است با: $19/7\times\frac{80}{100}\times\frac{1}{2} = 7/88$

قطر سکه $2cm$ پس شعاع آن $1cm$ است و چون $\pi \approx 3$ بنابراین سطح یک روی سکه برابر $\pi r^2 = 3cm^2$ خواهد شد.

اگر ضخامت طلا برابر h بگیریم برای یک روی سکه حجم طلای به کار رفته برابر $\pi r^2 h$ خواهد بود پس داریم:

$$3(1)^2 h = 7/88g\,Au\times\frac{1cm^3}{19/3g} \Rightarrow h = 0/136cm = 1/36mm$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۴۶۴

واکنش (۱): $E_{\text{واکنش}} = E_{I_2/2I^-} - E_{Br_2/2Br^-} = 0/54 - 1/07 < 0$

پس واکنش (۱) به طور طبیعی انجام نمی‌گیرد.

واکنش (۲) قابل انجام نیست. زیرا هر دو گونهٔ I_2 و Sn^{4+} ، صرفاً امکان کاهش یافتن را دارند و هیچکدام نمی‌تواند اکسید شود.

واکنش (۳): $E^\circ = E^\circ_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} - E^\circ_{Sn^{4+}/Sn^{2+}} = 0/77 - 0/15 > 0$ (به طور طبیعی قابل انجام است.)

واکنش (۴): هر دو گونهٔ Sn^{2+} و Fe^{2+} ، هم امکان کاهش یافتن و هم امکان اکسید شدن را دارند. برای بررسی، یک بار به Sn^{2+} نقش کاهش و به Fe^{2+} نقش اکسایش را در نظر می‌گیریم و بار دیگر، عکس آن را در نظر می‌گیریم و هر بار، E° واکنش را حساب می‌کنیم:

$$\underset{\text{کاهش}}{Sn^{2+}} + \underset{\text{اکسایش}}{Fe^{2+}} \rightarrow \underset{\text{واکنش}}{E^\circ} = 0/14 - 0/77 < 0$$

غیر قابل انجام

$$\underset{\text{اکسایش}}{S^{2+}} + \underset{\text{کاهش}}{Fe^{2+}} \rightarrow \underset{\text{واکنش}}{E^\circ} = 0/44 - 0/15 < 0$$

غیر قابل انجام

پس Sn^{2+} با Fe^{2+} ، به طور طبیعی وارد واکنش نمی‌شوند.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۶۵ در سلول منیزیم - روی، Zn^{2+} در کاتد کاهش یافته و Mg در آند اکسایش می‌یابد.

$$\Rightarrow ۱/۶۲ = E^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} - E^{\circ}_{Mg^{2+}/Mg}$$

به همین ترتیب در مورد سلول‌های دیگر می‌توان نوشت:

$$۱/۵۶ = E^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} - E^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn}$$

$$۱/۰۵ = E^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} - E^{\circ}_{Ni^{2+}/Ni}$$

حالا E° سلول منیزیم - نیکل را به دست می‌آوریم:

$$\text{سلول منیزیم - نیکل} \Rightarrow E^{\circ}_{\text{سلول}} = E^{\circ}_{Ni^{2+}/Ni} - E^{\circ}_{Mg^{2+}/Mg}$$

$$\Rightarrow E^{\circ}_{\text{سلول}} = (E^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} - ۱/۰۵) - (E^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} - ۱/۶۲)$$

$$\Rightarrow E^{\circ}_{\text{سلول}} = (E^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} - (E^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn}) - ۱/۰۵ + ۱/۶۲$$

$$\Rightarrow E^{\circ}_{\text{سلول}} = ۱/۵۶ - ۱/۰۵ + ۱/۶۲ = ۲/۱۳V$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۶۶ گزینه ۱: فرمول مولکولی آن $C_{۱۴}H_{۱۶}NO_{۲}Cl$ می‌باشد که تعداد H را از رابطه زیر به‌دست می‌آوریم:

$$H = ۲n + ۲ - [\text{تعداد حلقه و پیوند دوگانه}) \times ۲ + \text{تعداد هالوژن}] + \text{تعداد } N$$

$$H = ۳۰ - [(۳+۴)\times ۲ + ۱] + ۱ = ۱۶$$

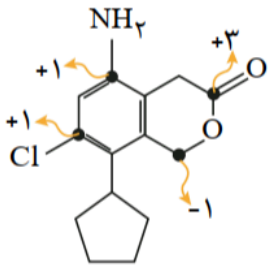
پس گزینه ۱ نادرست است.

گزینه ۲ (نادرست): از آن‌جا که جمع اعداد اکسایش اتم‌ها در یک مولکول برابر صفر است، داریم:

$$C_{۱۴}H_{۱۶}NO_{۲}Cl \rightarrow ۱۴x + ۱۶ + (-۳) + (۲(-۲)) + (-۱) = ۰$$

$$\text{مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن} \rightarrow ۱۴x = -۸$$

گزینه ۳: منظور سؤال اتم‌های کربن مشخّص شده است که جمع عدد اکسایش آنها برابر است با: ۴+

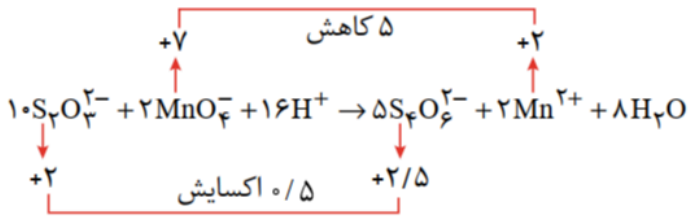


گزینه ۴: تعداد اتم‌های کربنی که به غیر از اتم H متصل‌اند برابر ۶ است، در صورتیکه قدرمطلق مجموع عدد اکسایش اتم‌های N و O و Cl برابر ۸ است.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۶۷ با توجّه به موازنه زیر داریم:



MnO_4^- دچار کاهش شده پس اکسنده است.

به‌ازای مصرف ۱۰mol از $S_2O_3^{2-}$، ۱۰mol الکترون مبادله می‌شود، پس به‌ازای مصرف هر مول از آن یک مول الکترون مبادله خواهد شد.

به‌طور میانگین هر اتم گوگرد ۰/۵ واحد دچار افزایش عدد اکسایش شده که به‌ازای ۴ اتم گوگرد ۲ واحد خواهد شد و نسبت به تغییر عدد اکسایش Mn که ۵ واحد است، $\frac{2}{5}$ یعنی ۰/۴ خواهد شد.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۶۸ با توجه به E° های داده شده می‌دانیم که تنها فلز روی با HCl واکنش می‌دهد و نقره قدرت احیاء H^+ را ندارد:

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

$$4/5\,LH_2 \times \frac{0/12\,g\,H_2}{1\,LH_2} \times \frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2} \times \frac{1\,mol\,Zn}{1\,mol\,H_2} \times \frac{65\,g\,Zn}{1\,mol\,Zn} = 17/55\,g\,Zn$$

حال درصد جرمی Ag را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{50 - 17/55\,g\,Ag}{\text{آلیاژ } 50\,g} \times 100 = 64/9\% \simeq 65\%$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۶۹ با توجّه به معادله موازنه شده واکنش داریم: $3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

فلز مس با از دست دادن الکترون دچار اکسایش شده، پس باعث کاهش دیگر گونه‌ها می‌شود و کاهنده است.

از هر ۸ یون NO_3^-، دو تای آن به NO تبدیل شده و دچار کاهش می‌شود. در واقع ۶ تا از یون‌های NO_3^- نقش یون ناظر را دارند.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۷۰ در سلول گالوانی همراه با تولید گرما، جریان الکتریکی ایجاد می‌شود و از آزاد شدن انرژی گرمایی، انرژی الکتریکی تولید نمی‌شود. با توجّه به سری الکتروشیمیایی می‌توان دریافت که فلز Al که واسطه است از Cu که فلز اصلی است، کاهنده‌تر است.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۷۱ با توجّه به معادله موازنه شده واکنش داریم:

$$Zn(s) + AgNO_3(aq) \rightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$$

به‌ازای مصرف هر مول Zn که ۶۵ گرم است، ۲mol الکترون مبادله شده و ۲ مول Ag احیا می‌شود ولی از آن‌جا که ۵۰٪ نقره به تیغه روی می‌چسبد، به‌ازای کاهش ۶۵g از جرم تیغه، یک مول نقره یعنی ۱۰۸ گرم بر جرم آن اضافه می‌شود؛ پس $108 - 65 = 43$ گرم افزایش جرم خواهیم داشت.

$$\frac{2\,mol\,e^-}{x} \quad \Big| \quad \frac{\text{افزایش جرم } 43\,g}{2/15\,g} \Rightarrow x = 0/1\,mole^- = 6/02 \times 10^{22} \text{ عدد الکترون}$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۷۲ نادرستی الف ← در برخی نیم سلول‌ها مانند SHE، جرم الکترود تغییر نمی‌کند.

نادرستی پ ← در عمل به دلیل مهاجرت یون‌ها، چنین اتفاقی نمی‌افتد.

مورد ت ← از آن‌جا که واکنش سلول گالوانی خودبه‌خود است، emf آن همواره مثبت است.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۷۳ معادله واکنش به‌صورت مقابل است: $H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + Cu(s)$

فقط مورد پ درست است. با مهاجرت کاتیون‌ها یعنی H^+ به سمت کاتد، غلظت یون هیدرونیوم افزایش یافته و pH کاهش می‌یابد.

نادرستی الف ← با مهاجرت کاتیون‌ها به سمت کاتد، pH محلول آندی تغییر نمی‌کند.

نادرستی ب ← در این واکنش فلز مس مصرف نمی‌شود.

نادرستی ت ← فلز مس می‌تواند با محلول نیتریک اسید مطابق معادله زیر وارد واکنش شود.

$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

فلز مس با یون هیدرونیوم واکنش نمی‌دهد نه با محلول‌های اسیدی.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۷۴ با توجه به حجم گاز آزاد شده در الکترودها می‌توان فهمید که در الکترود A گاز H_2 و در الکترود B گاز O_2 آزاد می‌شود. H_2 در الکترود کاتد (کاهش آب) و O_2 در الکترود آند (اکسایش آب) تولید می‌شود. پس A همان کاتد و B همان آند سلول هستند و الکترون‌ها از آند به کاتد یعنی B به A منتقل می‌شوند. کاتد به قطب ⊖ باتری و آند به قطب ⊕ باتری وصل است. و طی واکنش‌های انجام شده در الکترودها یون‌های H^+ و OH^- تولید می‌شود:

(الکترود A) (محیط بازی) کاتد $\Rightarrow 4e^- + 4H_2O \rightleftharpoons 2H_2 + 4OH^-$

(الکترود B) (محیط اسیدی) آند $\Rightarrow 2H_2O \rightleftharpoons O_2 + 4H^+ + 4e^-$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۷۵ E° واکنش باید عددی مثبت باشد و فقط در واکنش (۲) E° سلول مثبت است.

$$emf_{Cell} = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} = 0/15 - (-0/14) = 0/29V$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۷۶

$S^{2-} \rightarrow SO_3^{2-}$

-۲ +۴

۶ واحد اکسایش

$CH_4 \rightarrow CO$

-۴ +۲

۶ واحد اکسایش

به همین ترتیب میزان تغییر عدد اکسایش در گزینه‌های ۱ و ۳ و ۴، به ترتیب ۵ و ۸ و ۴ است.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۷۷ برخلاف باتری‌ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند.

در مورد گزینه (۲): از آن‌جا که بخش قابل توجّهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و لذا سهم تولید گرما اندک خواهد بود.

در مورد گزینه (۳): در این سلول هیچ یونی تولید نمی‌شود، پس الکترون‌های ظرفیت بدون تغییر باقی می‌ماند.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۷۸ برخلاف باتری‌ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند.

در مورد گزینه (۲): از آن‌جا که بخش قابل توجّهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و لذا سهم تولید گرما اندک خواهد بود.

در مورد گزینه (۳): در این سلول هیچ یونی تولید نمی‌شود، پس الکترون‌های ظرفیت بدون تغییر باقی می‌ماند.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۷۹ به‌جز مورد ث بقیه موارد درست است. پس از حذف Na^+ مجموع ضرایب برابر ۴+ است نه ۴-.

نیم‌واکنش اکسایش نیز به‌صورت مقابل است: $۲Cl^-(aq) \rightarrow Cl_۲(g) + ۲e^-$

$$۴Fe_{(s)} + ۶H_۲O_{(l)} + ۳O_۲(g) \rightarrow ۴Fe(OH)_۳(s)$$

مجموع ضرایب برابر ۱۷ است.

نیم‌واکنش اکسایش ۲ مرحله‌ای است.

سرعت اکسایش به غلظت یون H^+ بستگی دارد، نه قوی و ضعیف بودن اسید.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۸۰

$$۲Al_۲O_۳ + ۳C \rightarrow ۴Al + ۳CO_۲$$

$$Al^{۳+} + ۳e^- \rightarrow Al$$

$$۶\times۱۰^۵\,mol \qquad \frac{۵/۴\times۱۰^۶}{۲۷} = ۲\times۱۰^۵\,mol$$

در سلول سوختی متان به‌ازای مصرف هر مول متان، ۸mol الکترون تولید می‌شود.

$$\frac{۱\,mol\,CH_۴ \mid ۸\,mol\,e^-}{x \mid ۶\times۱۰^۵} \Rightarrow x = \frac{۳\times۱۰^۵}{۴}\,mol\,CH_۴$$

$$?\,ton\,CH_۴ = \frac{۳\times۱۰^۵}{۴}\,mol\,CH_۴ \times \frac{۱۶\,g\,CH_۴}{۱\,mol\,CH_۴} \times \frac{۱\,ton}{۱۰^۶\,g} = ۱/۲\,ton$$

از آن‌جا که ٪۶۰ است، پس باید $۱/۲ \times \frac{۱۰۰}{۶۰} = ۲\,ton$ متان مصرف کرد.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۸۱

$$Zn(s) + Ag_۲O(s) \rightarrow ZnO(s) + ۲Ag(s)$$

کاهنده + اکسنده (قوی‌تر) — اکسنده + کاهنده (ضعیف‌تر)

با توجّه به معادله واکنش:

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۸۲ $۲H_۲O(l) + ۲e^- \rightarrow H_۲(g) + ۲OH^-(aq)$

بازدهی پایین است.

محلول آندی خاصیّت اسیدی دارد.

واکنش دهنده رسانایی کمی دارد (Si) .

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۸۳

بررسی هریک از موارد:

الف) جرم تیغه آند، کاهش و جرم تیغه کاتد، افزایش می‌یابد. در این سلول Li به‌دلیل E° کوچک‌تر آند و Ag کاتد است. (درست)

ب) با هر بار واکنش یک مول از جرم Li کاسته می‌شود و یک مول به جرم Ag اضافه می‌شود، پس اختلاف جرم دو تیغه برابر $۱۰۸+۷$ خواهد بود. (درست)

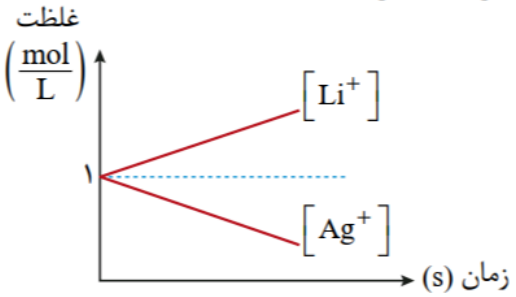
اختلاف جرم دو تیغه:

$$\frac{x}{۱۱۵}=\frac{۱۲/۰۴\times۱۰^{۲۱}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۱}\Rightarrow x=۲/۳۰g$$

پ) کاتیون کاتد (Ag^+) نباید از غشاء متخلخل عبور کند. (نادرست)

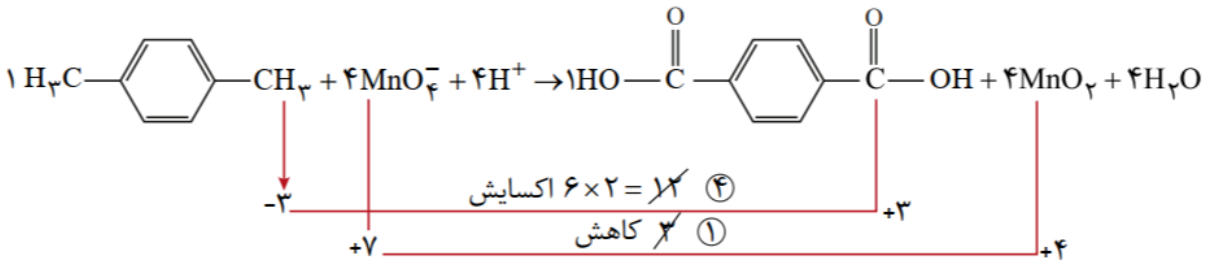
ت) Li در میان فلزها کمترین چگالی و E° را داراست. (نادرست)

ث) نمودار تغییرات غلظت یون Li^+ و Ag^+ به‌دلیل ضرایب استوکیومتری برابر، قرینه یکدیگر است. (درست)



(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۸۴



$$mol\,C_8H_{10}=\frac{۲۱/۲\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۱۰۶\,C_8H_{10}}=۰/۱۶\,mol\rightarrow mol\,MnO_4^-=۴\times۰/۱۶=۰/۶۴$$

$$M=\frac{n}{v}\Rightarrow ۳/۲=\frac{۰/۶۴}{v}\Rightarrow v=۰/۲L=۲۰۰ml$$

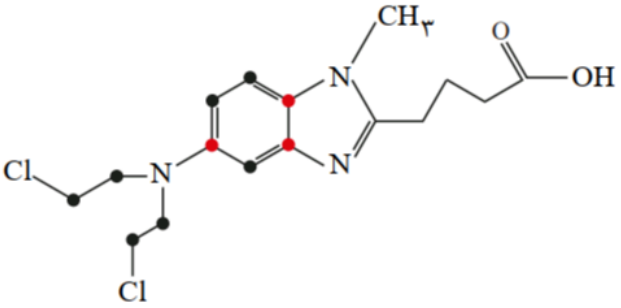
(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۸۵

$$۱۶x+۲۱+۲(-۱)+۳(-۳)+۲(-۲)=۰\Rightarrow ۱۶x+۶=۰$$

$$۱۶x=\boxed{-۶}\rightarrow \text{مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن}$$



$$\text{کربن‌های با عدد اکسایش } +۱ = ۳$$

$$\text{کربن‌های با عدد اکسایش } -۱ = ۷$$

$$\text{جفت پیوندی} = \frac{(۱۶\times۴)+(۲۱\times۱)+(۲\times۱)+(۳\times۳)+(۲\times۲)}{۲}=۵۰$$

$$\text{جفت ناپیوندی} = \underset{Cl}{(۲\times۳)}+\underset{O}{(۲\times۲)}+\underset{N}{(۳\times۱)}=۱۳$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۸۶

$$\underset{\downarrow}{H_۲}\rightarrow ۲H^+ + \underset{\downarrow}{۲e^-}$$

$$\frac{۴}{۲}=۲\,mol \qquad ۴\,mole^-$$

$$C_۸H_{۱۸}+۱۶H_۲O\rightarrow ۸CO_۲+۵۰H^+ +۵۰e^-$$

$$۴\,mole^-\times\frac{۱\,mol\,C_۸H_{۱۸}}{۵۰\,mole^-}\times\frac{۱۱۴\,g\,C_۸H_{۱۸}}{۱\,mol\,C_۸H_{۱۸}}=۹/۱۲\,g\,C_۸H_{۱۸}$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۸۷

(۱) ← قطب منفی باتری

(۲) ← غیر خودبه‌خودی است

(۴) ← لزومی ندارد جنس آند از جنس فلز مورد آبکاری باشد

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۴۸۸

در اثر ایجاد خراش در حلبی، فلز آهن اکسید می‌شود.

$$۴Fe+۳O_۲+۶H_۲O\rightarrow ۴Fe(OH)_۳$$

$$۱/۲\,mol\,O_۲\times\frac{۴\,mol\,Fe}{۳\,mol\,O_۲}\times\frac{۵۶\,g\,Fe}{۱\,mol\,Fe}=۸۹/۶\,g\,Fe$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۸۹

کربن در $HCO_۳^-$ عدد اکسایش ۴+ که حداکثر است دارد و لذا فقط اکسنده است.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۹۰

$$\underset{\frac{۱/۸}{۱۸}=۰/۱\,mol}{\underset{\downarrow}{۲H_۲O}}+۲e^-\rightarrow H_۲+\underset{۰/۱\,mol\,OH^-}{\underset{\downarrow}{۲OH^-}}$$

$$\left[OH^-\right]=\frac{۰/۱\,mol}{۰/۱\,L}=۱\frac{mol}{L}\Rightarrow POH=۰\Rightarrow pH=۱۴$$

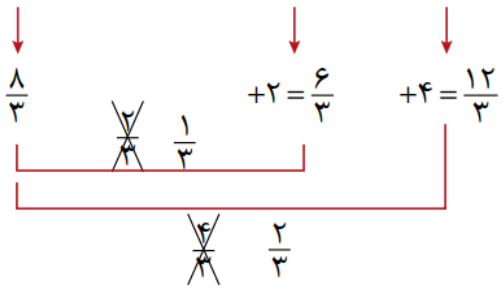
pH نسبت به آب خالص ٪۱۰۰ افزایش می‌یابد.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud

۴۹۱

$$۱Pb_۳O_۴ + ۴HNO_۳ \rightarrow ۲Pb(NO_۳)_۲ + ۱PbO_۲ + ۲H_۲O$$



ضریب × زیروند × تغییر عدد اکسایش = e مبادله شده

$$\Rightarrow \frac{۲}{۳} \times ۱ \times ۲ = \frac{۴}{۳}$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۹۲ از آلومینیم اکسید مذاب استفاده می‌شود. بوکسیت، آلومینیوم اکسید ناخالص است. لذا اوّل بوکسیت را خالص می‌کنند سپس برقکافت انجام می‌شود.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - متوسط)

۴۹۳ دومین فلز قلیایی $_{۱۱}Na$ است.

$$_{۱۱}Na : ۱s^۲ ۲s^۲ ۲p^۶ ۳s^۱$$

$$n + l \rightarrow ۲(۱+۰) + ۲(۲+۰) + ۶(۲+۱) + ۱(۳+۰) = ۲۷$$

$$mol M = \frac{۵/۴}{۲۷} = ۰/۲ mol$$

$$mole = \frac{۳/۶۱۲ \times ۱۰^{۲۳}}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}} = ۰/۶ mole^- \Rightarrow ۱mol M \simeq ۳mole^-$$

$$M \rightarrow M^{۳+} + ۳e^-$$

$$۳(Ag^+ + e^- \rightarrow Ag)$$

$$M + ۳Ag^+ \rightarrow M^{۳+} + ۳Ag$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۹۴ آ) درست. بالاترین و پایین‌ترین عدد اکسایش اتم اکسیژن به‌ترتیب برابر ۲+ و ۲- است. پس تفاوت این دو مقدار برابر ۴ است.

ب) درست. عدد اکسایش اتم P در ترکیب $Na_۴P_۴O_{۱۲}$ برابر ۵+ است. عدد اکسایش اتم N در آنیون نیترات $(NO_۳^-)$ نیز برابر ۵+ است.

پ) نادرست. مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در بنزوئیک‌اسید با فرمول مولکولی $C_۷H_۶O_۲$ برابر ۲- است ولی عدد اکسایش اتم کربن در ترکیب $CaC_۲$ برابر ۱- است.

ت) نادرست. بالاترین عدد اکسایش فلزها در دو دسته s و p برابر شمار الکترون‌های ظرفیتی اتم آن‌هاست ولی در فلزهای واسطه لزوماً چنین نیست.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۹۵ در سلول گالوانی اگر یکی از نیم‌سلول‌ها، SHE باشد آن‌گاه جرم الکترود آن ثابت است. پس نیم‌سلول A همان SHE و البته کاتد است زیرا از جرم تیغه M در نیم‌سلول M کاسته شده است.

گزینه (۱): درست. نیم‌سلول‌هایی با پتانسیل کاهشی منفی در برابر SHE، نقش آند را دارند.

گزینه (۲): نادرست. جهت حرکت الکترون در مدار بیرونی همواره از آند (M) به کاتد (A) است.

گزینه (۳): نادرست. نیم‌سلول SHE شامل الکترودی از جنس پلاتین است که در محلول $H^+(aq)$ قرار دارد.

گزینه (۴): نادرست.

$$2Al + 6H^+ \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2 \sim 6e^-$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۹۶

$$Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow Mg(OH)_2(s)$$

$$pH = 13/7 \Rightarrow pOH = 0/3 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-0/3} = 10^{-1} \times 10^{0/7} = 10^{-1} \times 5 = 0/5 mol.L^{-1}$$

$$Mg^{2+} \sim 2OH^-$$

$$\frac{10^3 g}{24 g} = \frac{?L \times 0/5}{2 mol} \Rightarrow ? \simeq 166/7$$

$$MgCl_2(l) \rightarrow Mg(s) + Cl_2(g)$$

$$\frac{1000 g}{24 g} = \frac{?L}{22/4} \Rightarrow ? \simeq 933/3$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۹۷

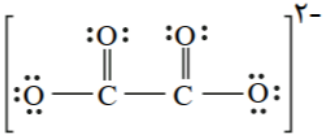
$$2MnO_4^- + 5C_2O_4^{2-} + 16H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$$

آ) نادرست. به ازای مصرف هر مول گونه اکسنده (MnO_4^-)، ۲/۵ مول گونه کاهنده $(C_2O_4^{2-})$ مصرف می‌شود.

ب) نادرست. مجموع ضرایب استوکیومتری مواد واکنش‌دهنده و فراورده برابر نیست.

پ) درست. تفاوت ضریب استوکیومتری گونه کاهنده $(C_2O_4^{2-})$ و $CO_2(g)$ برابر ۵ است که با تغییر عدد اکسایش گونه اکسنده (MnO_4^-) برابر است. عدد اکسایش اتم Mn در MnO_4^- و Mn^{2+} به‌ترتیب برابر ۷+ و ۲+ است.

ت) درست. ساختار لوویس یون $C_2O_4^{2-}$ به‌صورت زیر است.



(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۹۸ معادله کلی زنگ‌زدن در ورقه حلبی خراشیده شده، همان معادله زنگ‌زدن آهن است.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) + 6H_2O(l) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s) \sim 12e^-$$

$$3/84 \times 10^5 C \times \frac{1 e^-}{1/6 \times 10^{-19} C} \times \frac{1 mol e^-}{6/02 \times 10^{23} e^-} \times \frac{4 mol Fe(OH)_3}{12 mol e^-} \times \frac{107 g Fe(OH)_3}{1 mol Fe(OH)_3} \simeq 142/2$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۹۹ گزینه (۱): درست. یون‌های مس (II) با شرکت در نیم‌واکنش کاتدی به اتم‌های مس تبدیل می‌شوند.

گزینه (۲): درست.

گزینه (۳): نادرست. یون سولفات در نیم‌واکنش آندی شرکت نمی‌کند و شمار مول‌های آن ثابت است ولی با گذشت زمان به‌دلیل مصرف شدن مولکول‌های آب در نیم‌واکنش آندی، حجم محلول کاهش می‌یابد و در نتیجه غلظت یون سولفات نیز افزایش می‌یابد.

گزینه (۴): درست.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۵۰۰ سدیم(Na)، سومین عضو گروه اول جدول دوره‌ای بوده و پس از لیتیم، دومین عضو خانواده فلزهای قلیایی به شمار می‌رود. عدد اتمی این عنصر برابر با ۱۱ است. سدیم، همانند عنصری با عدد اتمی ۵۵، در گروه اول جدول دوره‌ای قرار گرفته است، درحالی که عنصری با عدد اتمی ۵۷، متعلق به گروه شماره ۳ جدول دوره‌ای است. فلز سدیم با از دست دادن یک الکترون، به کاتیون سدیم تبدیل می‌شود. این کاتیون، فراوان‌ترین کاتیون موجود در یک نمونه از آب دریاها به شمار می‌رود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲) واکنش سوختن هر عنصر(مثل سدیم، منیزیم، فسفر و یا گوگرد) و یا ترکیب آلی(مثل متان، متانول و اتانول)، از جمله واکنش‌های اکسایش-کاهش به شمار رفته و با انجام شدن آن، تعدادی الکترون بین اتم‌های سازنده ماده سوختنی و اکسیژن مبادله می‌شود. سدیم، یک عنصر فلزی با رنگ شعله زرد بوده و با گرفتن آن روی شعله، رنگ شعله زرد رنگ می‌شود.

۳) با انداختن فلز سدیم در آب، اتم‌های این فلز با آب وارد واکنش شده و در محلول مورد نظر سدیم هیدروکسید تولید می‌شود. سدیم هیدروکسید، یک ماده الکترولیت بوده و محلول حاوی آن، همانند محلول آب نمک، رسانای جریان الکتریسیته خواهد بود.

۴) کاتیون سدیم، در ساختار پاک‌کننده‌های صابونی جامد و پاک‌کننده‌های غیرصابونی و برخی از پاک‌کننده‌های خورنده مثل سدیم هیدروکسید یافت می‌شود. آرایش الکترونی سدیم به صورت $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ بوده و در آن دو لایه الکترونی اول به طور کامل پر از الکترون هستند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir