



گزینه ۱

۱

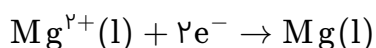
برای آبکاری یک قاشق مسی از فلزهایی مانند آلومینیوم که کاهنده‌تر از آب هستند، نمی‌توان استفاده کرد؛ زیرا در نیم‌واکنش کاتدی و هنگام نشستن کاتیون فلز روکش بر سطح قاشق، مولکول‌های آب وارد رقابت کاتدی شده و از نشستن اتم‌های فلز روکش بر سطح قاشق جلوگیری می‌کنند.

گزینه ۱

۲

$$\begin{aligned} ? \text{ g Mg}^{2+} &= 1134 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol MgCl}_2}{1 \text{ mol Mg}} \times \frac{100}{100} \times \frac{1 \text{ mol Mg(OH)}_2}{1 \text{ mol MgCl}_2} \times \frac{100}{60} \\ &\times \frac{1 \text{ mol Mg}^{2+}}{1 \text{ mol Mg(OH)}_2} \times \frac{100}{70} = 2700 \text{ g Mg}^{2+} \\ \text{ppm} &= \frac{\text{جرم Mg}^{2+}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{2700 \text{ g}}{2 \times 10^6 \text{ g}} \times 10^6 = 1350 \end{aligned}$$

نیم‌واکنش کاهش در برقکافت به صورت زیر است:



به ازای هر دو مول الکترون، یک مول منیزیم به دست می‌آید:

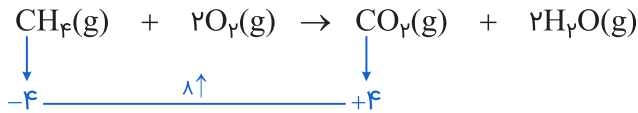
$$? \text{ mol e}^{-} = 1134 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24 \text{ g Mg}} \times \frac{2 \text{ mol e}^{-}}{1 \text{ mol Mg}} = 94/5 \text{ mol e}^{-}$$

گزینه ۳

۳

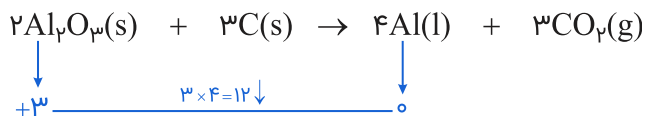
باتوجه به پتانسیل‌های کاهش، آند اکسید نشده و تغییر جرمی نخواهد داشت. در آند، اکسیژن اکسید خواهد شد. در الکترولیت ۳۲ گرم برابر با ۵/۵ مول یون Cu^{2+} و ۵۴ گرم برابر با ۵/۵ مول یون Ag^{+} وجود دارد. باتوجه به بالاتر بودن پتانسیل $\text{Ag}^{+}/\text{Ag} = 0/8$ ، تمام یون‌های نقره روی کاتد کاهش خواهند یافت. برای کاهش یافتن ۵/۵ مول نقره، ۵/۵ مول الکترون مصرف خواهد شد. باتوجه به اینکه هر مول یون Cu^{2+} برای کاهش یافتن، ۲ مول یون مصرف خواهد نمود، لذا مقدار یون مس کاهش‌یافته به ازای مصرف ۵/۵ مول الکترون باقی‌مانده برابر خواهد بود با ۱۶ گرم. در نتیجه جرم کاتد $54 + 16 = 70$ گرم تغییر جرم خواهد داشت.

ابتدا با استفاده از معادله موازنه شده اکسایش متان در سلول سوختی تعداد الکترون‌های مبادله شده را محاسبه می‌کنیم:



$$? \text{ mol e}^- = 320 \times 10^3 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{8 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol CH}_4} = 1/6 \times 10^5 \text{ mol e}^-$$

سپس با استفاده از معادله موازنه شده در فرآیند هال مقدار آلومینیوم و کربن دی‌اکسید تولید شده را به دست می‌آوریم:



$$? \text{ ton Al} = 1/6 \times 10^5 \text{ mol e}^- \times \frac{4 \text{ mol Al}}{12 \text{ mol e}^-} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} \times \frac{1 \text{ ton Al}}{10^6 \text{ g Al}} = 1/44 \text{ ton Al}$$

$$? \text{ m}^3 \text{ CO}_2 = 1/6 \times 10^5 \text{ mol e}^- \times \frac{3 \text{ mol CO}_2}{12 \text{ mol e}^-} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{1 \text{ L CO}_2}{1/1 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ m}^3 \text{ CO}_2}{1000 \text{ L CO}_2} = 1600 \text{ m}^3$$

در سلول دانز، در نتیجه برقکافت سدیم کلرید مذاب طی واکنش کلی زیر صورت می‌گیرد:



گاز کلر حاصل از سلول دانز طی واکنش زیر، برای تهیه مایع سفیدکننده خانگی ($\text{NaClO}(\text{aq})$) استفاده می‌شود



روش اول (کسر تبدیل):

$$\begin{aligned} ? \text{ L NaClO} &= 1150 \text{ g Na} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{2 \text{ mol Na}} \times \frac{1 \text{ mol NaClO}}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{74.5 \text{ g NaClO}}{1 \text{ mol NaClO}} \\ &\times \frac{100 \text{ g NaClO}}{5 \text{ g NaClO}} \times \frac{1 \text{ mL NaClO}}{1 \text{ g NaClO}} \times \frac{1 \text{ L NaClO}}{1000 \text{ mL NaClO}} = 37.25 \text{ L NaClO} \end{aligned}$$

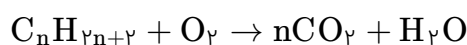
روش دوم (تناسب): باتوجه به اینکه ضریب Cl_2 در هر دو معادله، یکسان است می‌توانیم مستقیماً بین NaClO ، Na روابط هم‌ارزی بنویسیم:

$$\frac{\text{g Na}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{g NaClO}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{1150}{23 \times 2} = \frac{x \text{ g NaClO}}{74.5 \times 1} \Rightarrow x = 1862.5 \text{ g NaClO}$$

$$\text{جرم محلول NaClO} = 37250 \text{ g} = \frac{\text{جرم NaClO}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \frac{5}{100} = \frac{1862.5}{\text{جرم محلول}} \Rightarrow \text{جرم محلول NaClO} = 37250 \text{ g}$$

$$\text{چگالی محلول} = \frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}} \Rightarrow 1 = \frac{37250 \text{ g}}{\text{حجم محلول (mL)}} \Rightarrow \text{حجم محلول} = 37250 \text{ mL} = 37.25 \text{ L}$$

اتم‌های کربن در ساختار آلکان اعداد اکسایش متفاوتی می‌توانند داشته باشند ولی در کربن دی‌اکسید عدد اکسایش کربن برابر با +۴ خواهد بود.



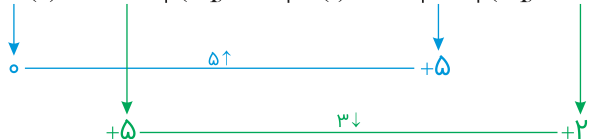
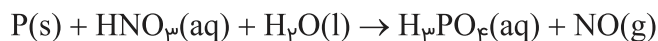
مجموع اعداد اکسایش کربن در کربن دی‌اکسید برابر با $4n$ است. باتوجه به اینکه مجموع اعداد اکسایش همه اتم‌ها در یک مولکول خنثی برابر با صفر است و باتوجه به اینکه عدد اکسایش هیدروژن برابر با +۱ است، می‌توان نوشت که در یک آلکان با n کربن، مجموع اعداد اکسایش کربن‌ها برابر است با:

$$nC + 2n + 2 = 0 \Rightarrow nC = -2n - 2$$

مجموع تغییرات عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر با ۵۰ است؛ بنابراین می‌توان n را به دست آورد.

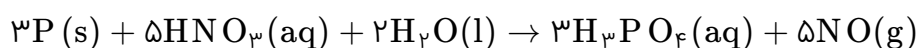
$$4n - (-2n - 2) = 50 \Rightarrow 6n = 48 \Rightarrow n = 8$$

هیدروکربن موجود در گزینه ۲ دارای ۸ کربن است.



$$\frac{\text{تغییر عدد اکسایش گونه کاهنده (P)}}{\text{تغییر عدد اکسایش گونه اکسنده (N)}} = \frac{5}{3} = 1/67$$

برای موازنه معادله واکنش، تغییر عدد اکسایش فسفر را ضرب NO و تغییر عدد اکسایش نیتروژن را ضرب H_3PO_4 قرار داده و بقیه ضریب‌ها را باتوجه به آن‌ها مشخص می‌کنیم.



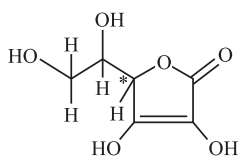
$$\text{مقدار عملی} = \frac{\text{مقدار نظری}}{\text{بازده درصدی}} \times 100 \Rightarrow 75 = \frac{1/4}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \Rightarrow \text{مقدار نظری} = 11/2 \text{ L}$$

$$? \text{ g P} = 11/2 \text{ L NO} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{22/4 \text{ L NO}} \times \frac{3 \text{ mol P}}{5 \text{ mol NO}} \times \frac{31 \text{ g P}}{1 \text{ mol P}} = 9/3 \text{ g P}$$

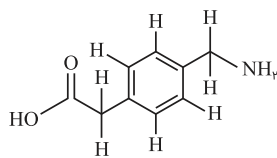
عدد اکسایش تمامی اکسیژن‌های ترکیب (الف) باهم برابر و برابر با ۲- است.

برای تهیه یک پلی‌آمید از یک دی‌آمین استفاده می‌شود.

تعداد هیدروژن‌های شکل (۱) برابر با هشت و تعداد هیدروژن‌های شکل (۲) برابر با ۱۱ است.

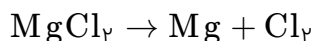


شکل (۱)

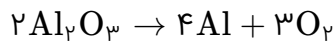


شکل (۲)

معادلهٔ برقکافت منیزیم کلرید مذاب به صورت زیر است:

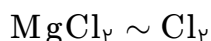


معادلهٔ برقکافت آلومینیوم اکسید مذاب به صورت زیر است:



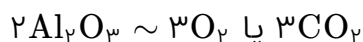
ولی در فرآیند هال ۳ مول گاز اکسیژن بر اثر واکنش ناخواسته با میله‌های آند گرافیتی به شکل ۳ مول گاز کربن دی‌اکسید آزاد می‌شوند.

جرم گاز آزادشده در سلول (I) با بازده R و جرم اولیهٔ m از MgCl_2 برابر است با:



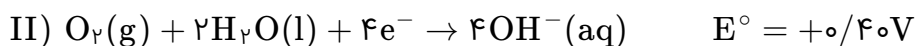
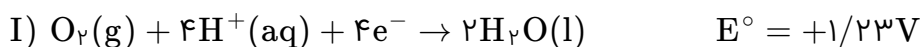
$$\frac{m \times \frac{R}{100}}{95 \text{ g}} = \frac{? \text{ g}}{71 \text{ g}} \Rightarrow ? = \frac{71 \times m \times \frac{R}{100}}{95}$$

تعداد مول آزادشده در سلول (II) با بازدهی $R/5$ و جرم اولیهٔ m از Al_2O_3 برابر است با:



$$\frac{m \times \frac{1/5 R}{100}}{2 \times 102 \text{ g}} = \frac{? \text{ mol}}{3 \text{ mol}} \Rightarrow ? = \frac{m \times \frac{1/5 R}{100}}{68}$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{71 \times m \times \frac{R}{100}}{95}}{\frac{m \times \frac{1/5 R}{100}}{68}} = \frac{68 \times 71}{95 \times 1/5} = 33/8$$



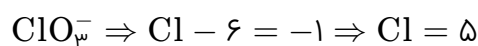
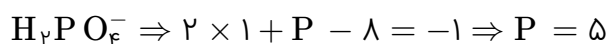
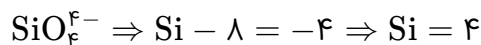
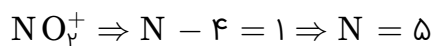
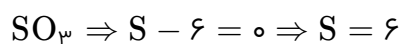
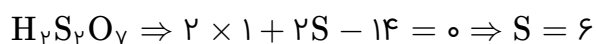
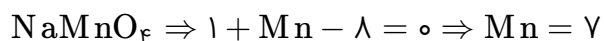
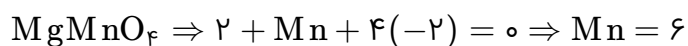
هر دو نیم‌واکنش دارای پتانسیل کاهش مثبت هستند. خوردگی آهن در محیط اسیدی که pH محیط کمتر از ۷ است به میزان بیشتری رخ می‌دهد، زیرا نیم‌واکنش (I) که پتانسیل کاهش بزرگ‌تری دارد انجام می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ ۱: نادرست. برای کاهش دمای ذوب، مقداری کلسیم کلرید به سدیم کلرید اضافه می‌کنند.

گزینهٔ ۲: نادرست. چگالی منیزیم مذاب از منیزیم کلرید مذاب کمتر است ولی چگالی آلومینیوم مذاب از الکترولیت مورد استفاده در فرآیند هال بیشتر است.

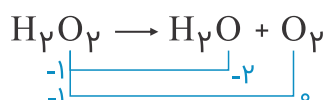
گزینهٔ ۳: نادرست. برخلاف آهن گالوانیزه از حلی می‌توان در ساخت ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد.



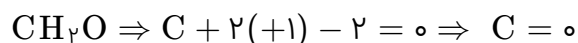
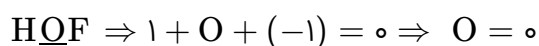
عبارت‌های ب، ج و ه درست هستند.

الف) نادرست. کاهش عدد اکسایش به معنای به‌دست آوردن الکترون و فرآیند کاهش است.

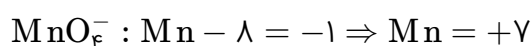
ب) درست. ممکن است در یک واکنش فقط اتم‌های یک عنصر دچار کاهش و اکسایش شوند. به مثال زیر دقت کنید:



د) نادرست. لزوماً عدد اکسایش یک اتم در ترکیب بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از صفر نیست و می‌تواند برابر صفر باشد. به مثال‌های زیر دقت کنید:



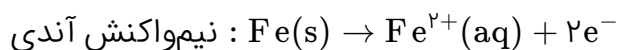
ه) درست. در گروه ۱۷ (هالوژن‌ها) بیشترین عدد اکسایش اتم هالوژن در ترکیب برابر (+۷) است که با عدد اکسایش اتم منگنز در یون پرمنگنات برابر است:



بررسی گزینه‌ها:

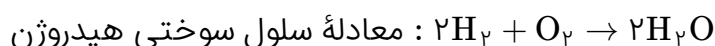
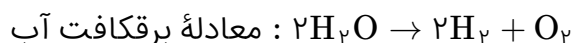
گزینه ۱: آهن پوشیده شده با قلع همان حلبی است.

گزینه‌های ۲ و ۳: در محل اتصال آهن و قلع، هنگام خراش، یک سلول گالوانی تشکیل می‌شود که در آن آهن دچار اکسایش شده و خورده می‌شود (چون E° آهن از E° قلع کوچک‌تر است) بنابراین آهن نقش آند (قطب منفی) را ایفا می‌کند. گزینه ۴:



در سلول گالوانی تشکیل شده، قلع دخالتی ندارد. در آند، آهن دچار اکسایش می‌شود و در سطح فلز قلع، اکسیژن حل شده در رطوبت الکترون‌های حاصل از اکسایش آهن را دریافت کرده و کاهش می‌یابد.

الف) درست.



ب) نادرست. گاز هیدروژن در کاتد و گاز اکسیژن در آند آزاد می‌شود.

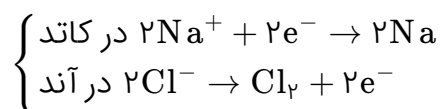
پ) درست. نیم‌واکنش آندی در برقکافت آب همراه با تولید $\text{H}^+(\text{aq})$ است؛ بنابراین کاغذ pH در محلول پیرامون آن به رنگ قرمز درمی‌آید.

ت) نادرست. برای برقکافت آب از محلول‌های رقیق الکترولیت استفاده می‌شود.

بررسی عبارت‌ها:

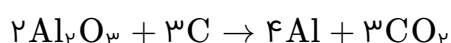
عبارت ۱: در آبکاری با نقره، نقره در آند دچار اکسایش شده و به فاز محلول می‌رود؛ سپس کاتیون‌های نقره به سمت کاتد رفته و ضمن کاهش، به صورت لایه نازکی از فلز روی جسم می‌نشیند.

عبارت ۲: به ازای هر مول Cl_2 در آند دو مول Na در کاتد تولید می‌شود.



عبارت ۳: در سلول سوختی هیدروژن، یون‌های هیدرونیوم از طریق غشای مبادله‌کننده روانه کاتد می‌شوند.

عبارت ۴:



$$? \text{ L CO}_2 = 1 \text{ mol Al} \times \frac{3 \text{ mol CO}_2}{4 \text{ mol Al}} \times \frac{22.4 \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 16.8 \text{ L CO}_2$$

پس بغیر از مورد سوم همه گزینه‌ها صحیح هستند.

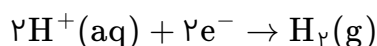
الف) درست. نیمواکنش‌های اکسایش و کاهش در آبکاری مربوط به فلزی است که به‌عنوان پوشش به کار می‌رود.
ب) درست.

پ) درست. برای کاهش نقطه ذوب سدیم کلرید از یک کمک ذوب به نام کلسیم کلرید استفاده می‌شود.

ت) درست. نیمواکنش‌های اکسایش و کاهش با کمک انرژی انجام می‌شود و غیرخودبه‌خودی است.

ث) نادرست. جسمی که به‌عنوان کاتد است (قرار است که آبکاری شود)، باید رسانای جریان برق باشد و محلول الکترولیت برای آبکاری دارای یون‌های فلزی باشد که قرار است لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد. فلز پوشاننده جسم باید به‌عنوان آند (قطب مثبت) قرار گیرد.

باتوجه به اینکه جرم تیغه M کاهش یافته است، پس M آند و SHE (نیم‌سلول استاندارد هیدورژن) کاتد است؛ بنابراین نیمواکنش کاهش در کاتد (SHE) به‌صورت زیر است:

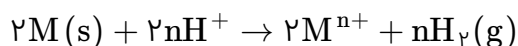


که با گذشت زمان، غلظت H^+ کاهش و در نتیجه pH افزایش می‌یابد.

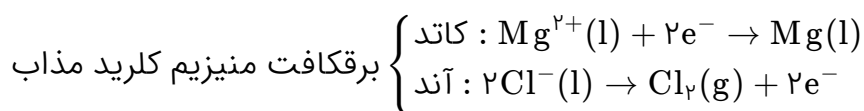
$$\text{pH}_1 = 0 \Rightarrow [\text{H}^+]_1 = 1 \text{ M}$$

$$\text{pH}_2 = 0/1 \Rightarrow [\text{H}^+]_2 = 0/1 \text{ M}$$

پس با گذشت زمان غلظت H^+ به‌اندازه ۰/۲ مولار (۱ - ۰/۸) کاهش یافته است.
اکنون معادله کلی واکنش را به‌صورت زیر می‌نویسیم:

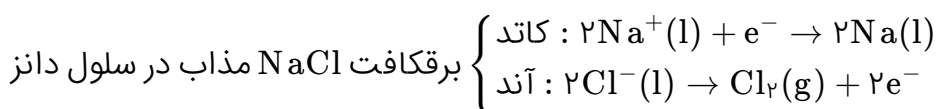


$$\frac{2/4 \text{ g}}{2 \text{ M}} = \frac{0/2 \times 1 \text{ L}}{2n} \Rightarrow \frac{\text{M}}{n} = 12$$



اگر دو مول الکترون منتقل شود، یک مول منیزیم (۲۴ گرم) و یک مول گاز کلر (۷۱ گرم) فرآورده به دست می‌آید که در مجموع ۹۵ گرم فرآورده خواهد بود.

$$\text{جرم فرآورده‌ها} = 3/01 \times 10^{24} \text{ e}^{-} \times \frac{1 \text{ mol e}^{-}}{6/02 \times 10^{23} \text{ e}^{-}} \times \frac{95 \text{ g فرآورده}}{2 \text{ mol e}^{-}} = 237/5 \text{ g فرآورده}$$



اگر دو مول الکترون منتقل شود، دو مول سدیم (۴۶ گرم) و یک مول گاز کلر (۷۱ گرم) فرآورده به دست می‌آید که در مجموع ۱۱۷ گرم فرآورده خواهد بود.

$$\text{جرم فرآورده‌ها} = 12/04 \times 10^{23} \text{ e}^{-} \times \frac{1 \text{ mol e}^{-}}{6/02 \times 10^{23} \text{ e}^{-}} \times \frac{117 \text{ g فرآورده}}{2 \text{ mol e}^{-}} = 117 \text{ g فرآورده}$$

$$\frac{\text{جرم فرآورده‌های برقکافت منیزیم کلرید}}{\text{جرم فرآورده‌های برقکافت در سلول دانز}} = \frac{237/5}{117} = 2/03$$

عدد اکسایش گوگرد در SO_4^{2-} و S^{2-} به ترتیب برابر +۶ و -۲ است یعنی به ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عدد اکسایش خود را دارد لذا SO_4^{2-} و S^{2-} به ترتیب همیشه اکسنده و همیشه کاهنده است. نیتروژن در N^{3-} عدد اکسایش -۳ دارد یعنی کوچک‌ترین عدد اکسایش خود را دارد لذا همیشه کاهنده است. SO_4^{2-} همیشه اکسنده است.

نیتروژن در NO_3^{-} عدد اکسایش +۳ را دارد در حالی که بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عدد اکسایش نیتروژن +۵ و -۳ است. لذا می‌تواند هم اکسنده و هم کاهنده باشد. اتم Cl در ClO^{-} عدد اکسایش +۱ دارد پس ClO^{-} هم می‌تواند اکسنده و هم کاهنده باشد.

کلر در Cl^{-} عدد اکسایش -۱ را دارد (کوچک‌ترین عدد اکسایش) و همیشه کاهنده است و MnO_4^{-} همیشه اکسنده است.

موازنه معادله واکنش را به روش واریسی طبق مراحل زیر انجام می‌دهیم:

- موازنه را از NO_3^- شروع کرده و به آن ضریب ۱ می‌دهیم.

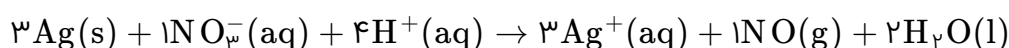
- برای موازنه نیتروژن به NO ضریب ۱

- برای موازنه اکسیژن به H_2O ضریب ۲

- برای موازنه هیدروژن به H^+ ضریب ۴

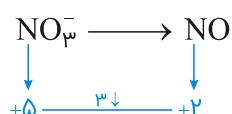
- برای موازنه بار به Ag^+ ضریب ۳

- برای موازنه نقره به Ag ضریب ۳ می‌دهیم.



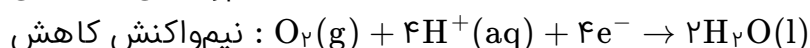
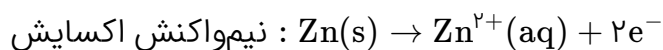
$$\text{مجموع ضرایب های استوکیومتری} = 3 + 1 + 4 + 3 + 1 + 2 = 14$$

گونه اکسند NO_3^- است که به NO تبدیل می‌شود.

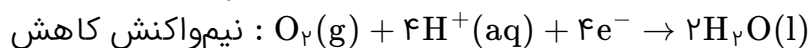
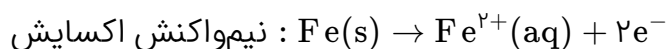


هر مول NO_3^- در نتیجه تبدیل به NO ، ۳ درجه کاهش می‌یابد یا به عبارتی ۳ الکترون دریافت می‌کند.

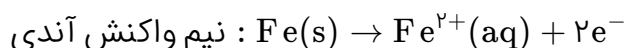
آهن گالوانیزه ورقه آهنی است که پوششی از فلز روی دارد. اگر خراشی در سطح آن ایجاد شود فلز روی اکسایش یافته و آهن در برابر خوردگی محافظت می‌شود. نیمواکنش‌های اکسایش و کاهش در حضور رطوبت و محیط اسیدی به شکل زیر انجام می‌شوند:



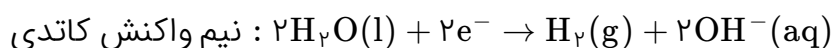
حلی نیز ورقه آهنی است که با لایه نازکی از فلز قلع پوشیده شده است. اگر خراشی در سطح حلی ایجاد شود فلز آهن اکسایش یافته و قلع در برابر خوردگی محافظت می‌شود. نیمواکنش‌های اکسایش و کاهش در حضور رطوبت و محیط اسیدی به شکل زیر انجام می‌شوند:



در آند سلول، بین آب و Fe، رقابتی برای اکسایش ایجاد می‌شود. ملاحظه می‌کنید که E° نیم‌واکنش Fe^{2+}/Fe (-0.44 V) از E° نیم‌واکنش مربوط به اکسایش آب ($+1.23\text{ V}$) کمتر است؛ بنابراین آهن که E° کوچک‌تری دارد دچار اکسایش می‌شود:



در کاتد سلول، گونه‌ای که E° بزرگ‌تری دارد دچار کاهش می‌شود. تنها گونه‌ای که قابلیت کاهش را دارد فقط آب است (آهن به عنوان یک فلز نمی‌تواند کاهش پیدا کند)

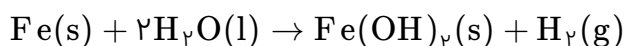


بررسی گزینه‌ها:

گزینه ۱ و ۲: در آند هیچ گازی تولید نمی‌شود.

گزینه ۳: یون‌های Fe^{2+} حاصل از اکسایش آهن و OH^- حاصل از کاهش آب با هم واکنش داده و $Fe(OH)_2$ تولید می‌کند.

گزینه ۴: واکنش کلی سلول مورد نظر به صورت زیر است:



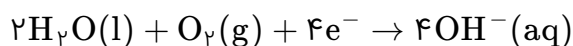
واکنش کلی سلول سوختی هیدروژن به صورت $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ است؛ بنابراین این دو واکنش ارتباطی به یکدیگر ندارند.

بررسی گزینه‌های نادرست:

گزینه ۱: فرآیند خوردگی مربوط به فلزها است و به نافلزها مربوط نمی‌شود.

گزینه ۳: پتانسیل کاهش مس مثبت است. ($E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34\text{ V}$)

گزینه ۴: نیم‌واکنش کاهش در زنگ آهن به صورت زیر است:



غلظت محلول در صورتی دو برابر می‌شود (از ۱٪ به ۲٪) که نیمی از آب موجود در محلول، در واکنش برقکافت مصرف شده باشد.

$$\text{جرم آب مصرف شده} = \frac{1000\text{ g}}{2} = 500\text{ g}$$

معادله موازنه‌شده واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:



$$\text{حجم گازهای تولیدشده} = 500\text{ g } H_2O \times \frac{1\text{ mol } H_2O}{18\text{ g } H_2O} \times \frac{3\text{ mol گاز}}{2\text{ mol } H_2O} \times \frac{22.4\text{ L گاز}}{1\text{ mol گاز}} \simeq 933\text{ L گاز}$$