مسئله های مربوط به الکتروشیمی

تحلیل و روش حل یک مسئله از کاهش یون های فلزی به فلز آزاد

سوال ۱ برای تبدیل یک گرم از هر یک از این کاتیون های Fe^{3+} و Sn^{2+} به فلز آزاد، چند مول الکترون مصرف می شود؟

منبع سوال: کتاب شیمی عمومی وایتن

چه اطلاعاتی در اختیار داریم

- ۱ g = جرم یون Fe^{3+}
- ۱ g = جرم یون Sn^{2+}
- +۳ = بار کاتیون آهن (III)
- +۲ = بار کاتیون قلع (II)

جرم های مولی: ($Sn = ۱۱۸/۷\ g.mol^{-1}$ ، $Fe = ۵۵/۸۵$)

چه چیز را باید به دست آوریم؟

- ? = تعداد مول الکترون برای تبدیل ۱ گرم کاتیون Fe^{3+} به فلز Fe
- ? = تعداد مول الکترون برای تبدیل ۱ گرم کاتیون Sn^{2+} به فلز Sn

راهکار برای تبدیل یک مول (۵۵/۸۵ گرم) Fe^{3+} به فلز Fe طبق نیم واکنش کاهش $Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$، سه مول الکترون مصرف می شود. محاسبات را برای تبدیل ۱ گرم یون آهن (III) انجام می دهیم. همچنین برای تبدیل یک مول (۱۱۸/۷ گرم) Sn^{2+} به فلز Sn طبق نیم واکنش کاهش $Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$، دو مول الکترون مصرف می شود. محاسبات را برای تبدیل ۱ گرم یون قلع (II) انجام می دهیم.

راه حل

محاسبه تعداد مول الکترون مصرف شده برای کاهش ۱ گرم یون آهن (III)

$$۱\ g\ Fe^{3+} \times \frac{1\ mol\ Fe^{3+}}{55.85\ g\ Fe^{3+}} \times \frac{3\ mol\ e^-}{1\ mol\ Fe^{3+}} = ۰/۰۵۳۷\ mol\ e^-$$

محاسبه تعداد مول الکترون مصرف شده برای کاهش ۱ گرم یون قلع (II)

$$۱\ g\ Sn^{2+} \times \frac{1\ mol\ Sn^{2+}}{118.7\ g\ Sn^{2+}} \times \frac{2\ mol\ e^-}{1\ mol\ Sn^{2+}} = ۰/۰۱۶۸\ mol\ e^-$$

تحلیل و روش حل یک مسئله از استوکیومتری واکنش بر اساس مبادله الکترون

سوال ۲ در نیم واکنش کاتدی یک باتری خودرو در هنگام شارژ در مدت معین ۰/۰۱ مول الکترون مصرف می شود. حساب کنید در همین زمان چند گرم $Pb(s)$ در کاتد این سلول تولید خواهد شد؟

واکنش موازنه شده است $2PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Pb(s) + PbO_2(s) + 2H_2SO_4(aq)$

منبع سوال: کتاب شیمی عمومی وایتن

چه اطلاعاتی در اختیار داریم

- الکترون مصرف شده در کاتد = ۰/۰۱ mol
- نیم واکنش کاتدی در باتری خودرو : $PbSO_4(s) \rightarrow Pb(s)$

چه چیز را باید به دست آوریم؟

- جرم $Pb(s)$ که در کاتد تولید می شود = ? g

راهکار بر اساس واکنش داده شده، حساب می کنیم به ازای تولید یک مول $Pb(s)$ چند مول الکترون مصرف می شود. سپس محاسبات استوکیومتری را بر اساس ۰/۰۱ مول الکترون انجام می دهیم.

راه حل

محاسبه تعداد مول الکترون در نیم واکنش کاتدی به ازای تولید یک مول Pb

$$PbSO_4(s) \quad \rightarrow \quad Pb(s)$$

$$(+2) \quad \text{۲ درجه کاهش} \quad (0)$$

طبق نیم واکنش بالا به ازای تولید ۱ mol Pb، دو مول الکترون مصرف شده است.

محاسبه جرم Pb تولید شده به ازای مصرف ۰/۰۱ مول الکترون

$$0/01\ mol\ e^- \times \frac{1\ mol\ Pb}{2\ mol\ e^-} \times \frac{207.2\ g\ Pb}{1\ mol\ Pb} = 1/036\ g\ Pb$$

تحلیل و روش حل یک مسئله از سلول های نور الکتروشیمیایی و بازده درصدی واکنش

سوال ۳ در نمونه ای از سلول های نور الکتروشیمیایی که در آن واکنش های زیر انجام می گیرد، تغییر عدد اکسایش کاهنده چقدر بوده و اگر با تولید ۰/۲ مول الکترون در آند، ۰/۰۱۵ گرم گاز هیدروژن در کاتد تولید شود، بازده درصدی این واکنش چقدر است؟

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

$$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq) \quad E^\circ = -0/83\ V$$

چه اطلاعاتی در اختیار داریم

- ۰/۲ mol = الکترون های آزاد شده در آند سلول
- ۰/۰۱۵ g = جرم گاز H_2 تولید شده در کاتد

چه چیز را باید به دست آوریم؟

- ? = تغییر عدد اکسایش کاهنده
- ? = بازده درصدی واکنش کلی در سلول

راهکار برای قسمت اول سوال در واکنش های اکسایش – کاهش، کاهنده ماده ای است که اکسایش می یابد. اگر نیم واکنش ها داده شده باشند، کاهنده آند سلول را تشکیل می دهد.

راه حل قسمت اول سوال آند نیم واکنشی است که E° کوچکتری داشته باشد. نیم واکنش آندی را نوشته و تغییر عدد اکسایش Si را در آن حساب می کنیم.

$$\underset{(0)}{Si(s)} + 2H_2O(l) \rightarrow \underset{(+4)}{SiO_2(s)} + 4H^+(aq) + 4e^-$$

۴ درجه اکسایش

راهکار برای قسمت دوم سوال نیم واکنش های آندی و کاتدی را به گونه ای موازنه می کنیم که تعداد الکترون های مبادله شده در دو نیم واکنش برابر شود. سپس با انجام محاسبات استوکیومتری بین تعداد الکترون مبادله شده و گاز H_2 تولید شده، بازده واکنش به دست می آید.

راه حل قسمت دوم سوال

$$Si(s) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 4H^+(aq) + 4e^-$$

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

طبق نیم واکنش های موازنه شده

$$4mol\ e^- \sim 2mol\ H_2$$

محاسبه بازده واکنش بر اساس استوکیومتری نیم واکنش های آندی و کاتدی

$$0/2\ mol\ e^- \times \frac{2\ mol\ H_2}{4\ mol\ e^-} \times \frac{2\ g\ H_2}{1\ mol\ H_2} \times \frac{X}{100} = 0/015\ g\ H_2 \rightarrow X = \%\ 7/5$$

تحلیل و روش حل یک مسئله ترکیبی از غلظت محلول ها و الکترون های مبادله شده

سوال ۴ با عبور جریان برق از درون ۵۰۰ میلی لیتر محلول CaI_2، واکنش های زیر در الکترودها رخ می دهد.

در آند : $2I^-(aq) \rightarrow I_2(g) + 2e^-$

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

پس از چند دقیقه، اندازه گیری ها نشان می دهد، ۴۱/۵ میلی مول I_2 تولید شده است.

آ) چند مول الکترون در این مدت مبادله شده است؟

ب) حجم گاز H_2 آزاد شده در همین مدت در STP، چقدر است؟

پ) pH محلول در این شرایط چقدر است؟

منبع سوال: کتاب شیمی عمومی وایتن

چه اطلاعاتی در اختیار داریم

- ۴۱/۵ mmol I_2 = ۴۱/۵ × 10^{-3} mol I_2 = مقدار مول I_2 تولید شده در اثر عبور جریان برق
- در نیم واکنش آندی به ازای تولید ۱ mol I_2، دو مول e^- آزاد شده است
- در نیم واکنش کاتدی به ازای تولید ۱ mol H_2، دو مول e^- مصرف شده است
- در نیم واکنش کاتدی به ازای تولید ۲ mol OH^-، دو مول e^- مصرف شده است

چه چیز را باید به دست آوریم؟

- ? = mol e^- مبادله شده در نیم واکنش اکسایش I^- (قسمت آ)
- ? mL = حجم گاز H_2 تولید شده در STP (قسمت ب)
- ? = pH محلول (قسمت پ)

راهکار قسمت (آ) طبق نیم واکنش: $2I^-(aq) \rightarrow I_2(g) + 2e^-$، به ازای تولید یک مول I_2، دو مول الکترون آزاد می شود. محاسبات برای ۴۱/۵ میلی مول انجام می گیرد.

راه حل (قسمت آ)

محاسبه مول های الکترون آزاد شده

$$۴۱/۵ \times 10^{-3}\ \text{mol } I_2 \times \frac{2\ \text{mol } e^-}{1\ \text{mol } I_2} = ۰/۰۸۳\ \text{mol } e^-$$

راهکار قسمت (ب) طبق نیم واکنش های انجام شده در آند و کاتد بین I_2 و H_2 تولید شده، با الکترون های مبادله شده رابطه زیر وجود دارد، محاسبات استوکیومتری را بین I_2 و H_2 انجام می دهیم.

$$1\ \text{mol } I_2 \sim 2\ \text{mol } e^- \sim 1\ \text{mol } H_2$$

راه حل قسمت (ب)

محاسبه حجم گاز H_2 تولید شده در کاتد

$$۴۱/۵ \times ۱۰^{-۳}\ mol\ I_2 \times \frac{1\ mol\ H_2}{1\ mol\ I_2} \times \frac{22400\ mL\ H_2}{1\ mol\ H_2} = ۰/۹۲۹\ mL\ H_2$$

راهکار قسمت (پ) طبق نیم واکنش های انجام شده در آند و کاتد بین OH^- تولید شده در کاتد و الکترون های مبادله شده رابطه زیر وجود دارد.

$$۲\ mol\ e^- \sim ۲\ mol\ OH^-$$

بر اساس رابطه بالا تعداد مول های OH^- تولید شده در کاتد را حساب می کنیم، سپس با داشتن مول های OH^- و حجم محلول مولاریته محلول و از روی آن pH محلول به دست می آید.

راه حل قسمت (پ)

محاسبه تعداد مول های OH^- در کاتد

$$۰/۰۸۳\ mol\ e^- \times \frac{2\ mol\ OH^-}{2\ mol\ e^-} = ۰/۰۸۳\ mol\ OH^-$$

محاسبه مولاریته یون های OH^- در محلول

$$C_M = \frac{n\ mol\ OH^-}{V_{(L)}\ \text{محلول}} \rightarrow C_M = \frac{0.083\ mol\ OH^-}{0.5\ L\ \text{محلول}} = ۰/۱۶۶\ \text{مولار}$$

محاسبه pH محلول

$$[H^+][OH^-] = ۱/۰ \times ۱۰^{-۱۴} \rightarrow [H^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{[OH^-]} \rightarrow [H^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{0/166} \rightarrow [H^+] = ۶/۰۲ \times ۱۰^{-۱۴}\ \text{مولار}$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log ۶/۰۲ \times ۱۰^{-۱۴} \cong -\log ۶ \times ۱۰^{-۱۴} \rightarrow pH = -۰/۷۷ + ۱۴ \rightarrow pH = ۱۲/۴۶$$

محاسبه مقدار فراورده تولید شده بوسیله یک سلول الکترولیتی

سوال ۵ چند مول الکترون برای انجام گرفتن هر یک از فرایندهای زیر در الکترولیز مصرف می شود؟

آ) تولید ۰/۵ مول Al بوسیله الکترولیز Al_2O_3

ب) کاهش تمام یون های Cu^{2+}، در ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار $Cu(NO_3)_2$

پ) تهیه ۱۰ گرم گاز کلر Cl_2، بوسیله الکترولیز NaCl مذاب

ت) رسوب دادن ۰/۳۲ گرم نقره از یک محلول آبی $AgNO_3$

منبع سوال کتاب شیمی عمومی رِگر

برای پیدا کردن تعداد مول الکترون مصرف شده در هر قسمت چه داده هایی داریم

- ۰/۵ mol = مقدار Al تولید شده در الکترولیز Al_2O_3
- ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار $Cu(NO_3)_2$
- ۱۰ g = جرم گاز کلر Cl_2 تولید شده در الکترولیز NaCl مذاب
- ۰/۳۲ g = جرم نقره رسوب داده شده از محلول $AgNO_3$

برای پیدا کردن تعداد مول الکترون مصرف شده در هر قسمت به چه اطلاعاتی نیاز داریم؟

- در هر قسمت به نیم واکنش موازنه شده و تعداد الکترون های مبادله شده در هر نیم واکنش نیاز است.
- در هر نیم واکنش فقط ماده ای موازنه می شود که مقدار آن داده شده و محاسبات برای آن انجام می گیرد.

راهکار برای پاسخ به هر قسمت، ابتدا نیم واکنش موازنه شده را می نویسیم. با موازنه نیم واکنش ها، تعداد الکترون مبادله شده در هر نیم واکنش تعیین می شود. سپس بین الکترون های مبادله شده در هر نیم واکنش و مقدار ماده ای که در نیم واکنش تولید شده است، محاسبات استوکیومتری را انجام می دهیم.

راه حل قسمت (آ)

نوشتن نیم واکنش به صورت موازنه شده

ترکیب یونی Al_2O_3، شامل دو کاتیون Al^{3+} و سه آنیون O^{2-} است، که کاتیون Al^{3+} در نیم واکنش مورد نظر شرکت داده می شوند.

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

محاسبه الکترون های مصرف شده

$$0/5\ mol\ Al^{3+} \times \frac{2\ mol\ Al}{2\ mol\ Al^{3+}} \times \frac{6\ mol\ e^-}{2\ mol\ Al} = 1/5\ mol\ e^-$$

قسمت (ب)

نوشتن نیم واکنش به صورت موازنه شده

ترکیب یونی $Cu(NO_3)_2$، شامل یک کاتیون Cu^{2+} و دو آنیون نیترات NO_3^- است، که کاتیون Cu^{2+} در نیم واکنش مورد نظر شرکت می کند

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

محاسبه الکترون های مصرف شده

$$100\ mL\ \text{محلول} \times \frac{0.2\ mol\ Cu^{2+}}{1000\ mL\ \text{محلول}} \times \frac{1\ mol\ Cu}{1\ mol\ Cu^{2+}} \times \frac{2\ mol\ e^-}{1\ mol\ Cu} = 0/04\ mol\ e^-$$

قسمت (پ)

نوشتن نیم واکنش به صورت موازنه شده

ترکیب یونی NaCl دارای یک کاتیون Na^+ و یک آنیون $2Cl^-$ است. در نیم واکنش مورد نظر دو آنیون Cl^- با گرفتن ۲ الکترون به یک مولکول دو اتمی Cl_2 تبدیل می شوند.

$$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$$

محاسبه الکترون های مصرف شده

$$10\ g\ Cl_2 \times \frac{1\ mol\ Cl_2}{71\ g\ Cl_2} \times \frac{2\ mol\ e^-}{1\ mol\ Cl_2} = 0/28\ mol\ e^-$$

قسمت (ت)

نوشتن نیم واکنش به صورت موازنه شده

ترکیب یونی $AgNO_3$ از یک کاتیون Ag^+ و یک آنیون NO_3^- تشکیل شده است. در نیم واکنش مورد نظر فقط کاتیون Ag^+ شرکت می کند.

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

محاسبه الکترون های مصرف شده

$$0/32\ g\ Ag^+ \times \frac{1\ mol\ Ag^+}{108\ g\ Ag^+} \times \frac{1\ mol\ Ag}{1\ mol\ Ag^+} \times \frac{1\ mol\ e^-}{1\ mol\ Ag} = 2/96 \times 10^{-3}\ mol\ e^-$$