فهرست مطالب

- فصل اول مشخصات اتم ۸
- فصل دوم جرم اتمی و جرم اتمی میانگین ۱۴
- فصل سوم عدد آووگادرو و مول ۲۰
- فصل چهارم موازنهٔ معادله و استوکیومتری ۲۷
- فصل پنجم قوانین گازها ۵۳
- فصل ششم غلظت محلول‌ها ۷۳
- فصل هفتم انحلال‌پذیری ۹۶
- فصل هشتم ظرفیت گرمایی ۱۰۷
- فصل نهم مسائل آنتالپی، آنتالپی پیوند، گرماسنج ۱۱۵
- فصل دهم قانون هس ۱۳۰
- فصل یازدهم سینتیک ۱۴۰
- فصل دوازدهم صابونی‌شدن ۱۵۳
- فصل سیزدهم درجه یونش و ثابت اسیدها و بازها ۱۶۶
- فصل چهاردهم مسائل pH ۱۷۳
- فصل پانزدهم سلول‌های گالوانی ۱۸۶
- فصل شانزدهم سلول‌های الکتروشیمی و پیل سوختی ۱۹۶
- فصل هفدهم خوردگی و آبکاری ۲۰۶
- فصل هجدهم تغییر عدد اکسایش ۲۱۰
- فصل نوزدهم انواع جامدها ۲۱۸
- فصل بیستم آنتالپی فروپاشی ۲۲۵
- فصل بیست و یکم مسائل ثابت تعادل ۲۲۹
- فصل بیست و دوم مسائل لوشاتلیه ۲۳۸

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۴۶

پاسخ‌نامهٔ تشریحی ۲۷۹

گیتامهر CitaMehr BOOK BANK

گیتا مهر
CitaMehr
BOOK BANK

درس‌نامه

فصل ۱

مشخصات اتم

اتم‌ها کوچک‌ترین ذره‌های سازندهٔ هر ماده هستند که خواص شیمیایی و فیزیکی هر ماده به ویژگی‌های آن‌ها بستگی دارد. هر اتم از ذره‌های کوچک‌تری به نام ذره‌های زیراتمی تشکیل شده است. مهم‌ترین ذره‌های زیراتمی، الکترون‌ها، پروتون‌ها و نوترون‌ها هستند.

عدد اتمی (Z): به تعداد پروتون‌های موجود در هستهٔ اتم گفته می‌شود که در یک اتم خنثی با تعداد الکترون‌ها برابر است.

عدد جرمی (A): به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های موجود در هستهٔ اتم گفته می‌شود که در اتم خنثی با مجموع تعداد الکترون‌ها و نوترون‌های اتم نیز برابر است.

برای نشان‌دادن نماد یک عنصر، همراه با مشخصات آن، از الگوی روبه‌رو پیروی می‌کنیم:

$$ {}^{A}_{Z}E $$

A ← عدد جرمی
Z ← عدد اتمی
E ← نماد شیمیایی یک عنصر

نکته

عدد جرمی به اندازهٔ شمار نوترون‌ها، از عدد اتمی بیشتر است.

پس تعداد نوترون را از رابطهٔ زیر محاسبه می‌کنیم:

$$ \text{تعداد نوترون} = \text{عدد جرمی} - \text{عدد اتمی} \Rightarrow n = A - Z $$

نکته

در اتم خنثی، $A + Z$ نشان‌دهندهٔ تعداد کل ذره‌های زیراتمی است.

در اتم خنثی: $A + Z =$ نوترون و پروتون، مجموع تعداد الکترون

نکته

۱ در اتم خنثی، تعداد بارهای مثبت و منفی (پروتون و الکترون) با هم برابر است؛ بنابراین مجموع ذره‌های زیراتمی باردار، برای هر اتم از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

تعداد ذره‌های زیراتمی باردار در اتم خنثی: $\begin{cases} e = p \\ e + p = p + p = 2p = 2 \times Z = 2 \times \text{عدد اتمی} \end{cases}$

یعنی تعداد ذره‌های زیراتمی باردار در اتم خنثی، ۲ برابر عدد اتمی است.

۲ با تبدیل‌شدن اتم خنثی به یون و برعکس، تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها تغییر نکرده و ثابت باقی می‌ماند. پس تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های موجود در اتم خنثی با شمار این ذره‌ها در یون همان اتم، برابر است.

ولی برای محاسبهٔ تعداد الکترون، تعداد ذره‌های زیراتمی باردار و تعداد کل ذره‌های زیراتمی در یون‌ها، کافی است تعداد به دست آمده برای هر یک از آن‌ها در اتم خنثی را منهای بار یون (با در نظر گرفتن علامت آن) کنیم.

مشخصات اتم	در اتم خنثی ($^{A}_{Z}E$)	در یون ($^{A}_{Z}E^{n\pm}$)
تعداد پروتون	Z	Z
تعداد نوترون	$A-Z$	$A-Z$
تعداد الکترون	Z	بار یون $-Z$
تعداد ذره‌های زیراتمی باردار	$2\times Z$	بار یون $-(2\times Z)$
تعداد کل ذره‌های زیراتمی	$A+Z$	بار یون $-A+Z$

تیپ ۱ برخی از مشخصات یک گونه، در سؤال داده شده و در مورد سایر مشخصات آن گونه، پرسش مطرح می‌شود.

تست

با توجه به عنصر $^{2b}_{b-10}X$، اگر در یون X^{2+}، $2b-50$ الکترون وجود داشته باشد، تعداد نوترون‌های این یون برابر با کدام عدد است؟

۱) ۴۸ ۲) ۵۰ ۳) ۵۲ ۴) ۵۴

پاسخ گزینهٔ «۱» همان‌طور که می‌دانیم تعداد الکترون‌های یون X^{2+} از رابطهٔ (بار $-$ Z) به دست می‌آید:

$$\text{تعداد } e: {}^{2b}_{b-10}X^{2+} \Rightarrow \text{بار} - Z = (b-10) - (+2) = b-10-2$$

$$= b-12$$

طبق گفتهٔ سؤال این تعداد برابر با $2b-50$ الکترون است. پس خواهیم داشت:

$$b-12 = 2b-50 \Rightarrow b = 38$$

پس یون $^{2b}_{b-10}X^{2+}$ برابر با ذرهٔ زیر خواهد بود:

$$^{2b}_{b-10}X^{2+} \xrightarrow{b=38} {}^{76}_{28}X^{2+}$$

حال برای محاسبهٔ تعداد نوترون‌های این گونه کافی است از رابطهٔ $A-Z$ استفاده کنیم: $\text{تعداد } n: {}^{76}_{28}X^{2+} = A-Z = 76-28 = 48$

تیپ ۲ مشخصات اتم یا یون در بین چند ذره، مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

تست

کدام دو ذرهٔ زیر از نظر مجموع ذره‌های زیراتمی باردار با هم برابر هستند؟

A) $^{58}_{28}Ni$ B) $^{59}_{27}Co^{3+}$ C) $^{64}_{29}Cu^{2+}$ D) $^{56}_{26}Fe$

۱) D و B ۲) D و A ۳) C و B ۴) C و A

پاسخ گزینهٔ «۴»

مجموع ذره‌های زیراتمی باردار در $^{58}_{28}Ni$: $2 \times Z = 2 \times 28 = 56$

مجموع ذره‌های زیراتمی باردار در $^{59}_{27}Co^{3+}$: $(2\times27)-3=51=\text{بار}-(2\times Z)$

مجموع ذره‌های زیراتمی باردار در $^{64}_{29}Cu^{2+}$: $(2\times29)-2=56=\text{بار}-(2\times Z)$

مجموع ذره‌های زیراتمی باردار در $^{56}_{26}Fe$: $2\times Z=2\times26=52$

تست ۱۰

در اتم M در مجموع، ۲۸۰ ذرهٔ زیراتمی وجود دارد. اگر تعداد نوترون‌ها ۱/۵ برابر تعداد پروتون‌های آن باشد، نماد این اتم کدام‌یک از گزینه‌های زیر است؟

۱) $^{120}_{80}M$ ۲) $^{280}_{112}M$ ۳) $^{200}_{80}M$ ۴) $^{200}_{112}M$

پاسخ | گزینهٔ «۳» روش اول|

$$\begin{cases} e+p+n=280 \\ n=1/5p \\ \text{اتم خنثی}: e=p \end{cases} \Rightarrow p+p+1/5p=280$$

$$\Rightarrow 3/5p=280 \Rightarrow p=80,\ n=1/5p=1/5\times80=120$$

$$\left.\begin{matrix} \text{عدد اتمی}(Z)=p=80 \\ \text{عدد جرمی}(A)=p+n=80+120=200 \end{matrix}\right\} \Rightarrow {}^{200}_{80}M$$

روش دوم| در اتم خنثی، حاصل $A+Z$ برابر تعداد ذرات زیراتمی است. بنابراین در این سؤال $A+Z$ باید برابر ۲۸۰ باشد که تنها در **گزینهٔ (۳)** صدق می‌کند.

تیپ ۳ در این دسته از سؤالات معمولاً از تفاوت نوترون با پروتون و یا از تفاوت نوترون با الکترون صحبت به میان می‌آید.

نکته

در تمامی اتم‌ها و یون‌ها به‌جز ^{1}H، تعداد نوترون‌ها بزرگ‌تر یا مساوی تعداد پروتون‌ها است. بنابراین برای محاسبهٔ اختلاف تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها، همواره تعداد نوترون‌ها را منهای تعداد پروتون‌ها می‌کنیم.

نکته

در اتم‌های خنثی (به‌جز $_{1}^{1}H$) و یا کاتیون‌ها، تعداد نوترون‌ها از الکترون‌ها بیشتر است؛ ولی در آنیون‌ها ممکن است تعداد الکترون‌ها از نوترون بیشتر شود.

تست

در گونهٔ $_{118}^{A}M^{4+}$، تفاوت تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۲۲ می‌باشد. عدد اتمی آن کدام است؟

۱) ۶۸ ۲) ۴۶ ۳) ۷۲ ۴) ۵۰

پاسخ | گزینهٔ «۴» در کاتیون‌ها از جمله M^{4+}، تعداد نوترون از الکترون بیشتر است. پس: $n - e = 22$

هم‌چنین در یون M^{4+}، تعداد p، ۴ واحد بیشتر از تعداد الکترون است:

$e = p - 4$

بنابراین خواهیم داشت:

$$n - e = 22 \xrightarrow{e=p-4} n - (p-4) = 22$$

$$n - p + 4 = 22 \Rightarrow n - p = 18$$

از طرفی چون عدد جرمی در گونهٔ $_{118}^{A}M^{4+}$، برابر با ۱۱۸ است، پس حاصل‌جمع نوترون و پروتون برابر ۱۱۸ می‌شود.

$$\left.\begin{matrix} n + p = 118 \\ n - p = 18 \end{matrix}\right\} \Rightarrow 2n = 136 \Rightarrow n = 68 , p = Z = 50$$

پس عدد اتمی (Z) گونهٔ موردنظر برابر ۵۰ است.

نکته

برای محاسبهٔ تعداد ذره‌های زیراتمی در یک گونهٔ چنداتمی، ابتدا تعداد موردنظر را برای هر یک از اتم‌ها (در حالت خنثی) به دست می‌آوریم و نهایتاً حاصل‌جمع آن‌ها را در مولکول حساب می‌کنیم.

نکته

در گونه‌های چنداتمی باردار، برای محاسبهٔ تعداد الکترون، تعداد ذره‌های زیراتمی باردار و تعداد کل ذره‌های زیراتمی، عدد حاصل از نکتهٔ قبل را در انتها منهای بار کل گونه می‌کنیم.

تست

تعداد کل ذره‌های زیراتمی در مولکول H_2O، چند برابر الکترون‌های موجود در CO_3^{2-} است؟ $(^{1}_{1}H\ ,\ ^{12}_{6}C\ ,\ ^{16}_{8}O)$

۱) $\frac{14}{15}$ ۲) $\frac{7}{8}$ ۳) $\frac{15}{14}$ ۴) $\frac{8}{7}$

پاسخ | گزینهٔ «۲» ابتدا تعداد کل ذره‌های زیراتمی را برای اتم‌های $^{1}_{1}H$ و $^{16}_{8}O$ به دست می‌آوریم. برای محاسبهٔ شمار کل ذره‌های زیراتمی در یک اتم خنثی، عدد اتمی و عدد جرمی را با هم جمع می‌کنیم:

تعداد کل ذره‌های زیراتمی در $^{1}_{1}H$ $= A + Z = 1 + 1 = 2$

تعداد کل ذره‌های زیراتمی در $^{16}_{8}O$ $= A + Z = 16 + 8 = 24$

در یک مولکول H_2O، دو اتم H و یک اتم O وجود دارد. برای محاسبهٔ تعداد کل ذره‌های زیراتمی در مولکول H_2O، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$(2 \times H) + (1 \times O) = (2 \times 2) + (1 \times 24) = 28$

اکنون تعداد الکترون اتم‌های $^{16}_{8}O$ و $^{12}_{6}C$ را که برابر با عدد اتمی آن‌ها است، به دست می‌آوریم:

$^{12}_{6}C$: تعداد الکترون $= Z = 6$

$^{16}_{8}O$: تعداد الکترون $= Z = 8$

حالا تعداد الکترون‌ها را در گونهٔ CO_3^{2-}، حساب می‌کنیم:

بار $- (3 \times O) + (1 \times 6) - (3 \times 8) - (-2) = 32$ $(1 \times C)$

پس نسبت خواسته‌شده در سؤال، برابر است با: $\frac{28}{32} = \frac{7}{8}$

سایر تست‌های این فصل را در صفحهٔ ۲۴۷ ببینید.

فصل ۱۶

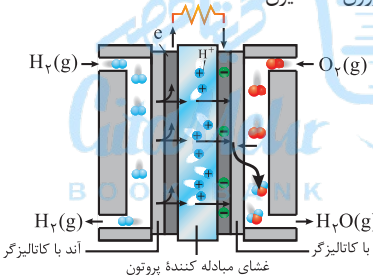
سلول‌های الکتروشیمیایی و پیل سوختی

سلول سوختی

سلول‌های سوختی، نوعی سلول گالوانی‌اند که در آن‌ها بر اثر اکسایش سوخت‌هایی مانند هیدروژن یا متان، جریان برق تولید می‌شود.

رایج‌ترین سلول سوختی

رایج‌ترین سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن است.



در این سلول سوختی گاز هیدروژن وارد آند شده و گاز اکسیژن وارد کاتد می‌شود. پس در آند، هیدروژن اکسایش یافته و در کاتد، اکسیژن کاهش پیدا می‌کند.

نیم‌واکنش اکسایش (آندی): $2H_2(g) \rightarrow 4H^+(aq) + 4e^-$

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

واکنش کلی اکسایش ـ کاهش: $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

نکته

۱ مانند تمامی سلول‌های گالوانی در سلول‌های سوختی نیز، الکترون‌ها در مدار بیرونی (رسانای الکترونی) از آند به کاتد جریان پیدا می‌کنند.

۲ کاتیون‌های تولیدشده در آند (یون‌های H^+) نیز از طریق غشای مبادله‌کنندهٔ پروتون، به سمت کاتد حرکت می‌کنند (مانند همهٔ سلول‌های گالوانی، کاتیون به سمت کاتد حرکت می‌کند).
۳ واکنش سلول سوختی با تولید گرما همراه است، به همین دلیل آب خارج‌شده از سلول سوختی حالت فیزیکی بخار دارد. $(H_2O(g))$
۴ در این سلول، هم آند و هم کاتد دارای کاتالیزگر هستند.
۵ گاز H_2 مصرف‌نشده در آند، دوباره بازگردانی می‌شود و خروجی نیم‌سلول آند نیز گاز $H_2(g)$ خواهد بود.

تیپ ۱ برای حل این سؤالات باید مقدار مصرف و یا تولید شده را برای یکی از مواد شرکت‌کننده در واکنش‌های سلول سوختی، محاسبه کنیم.

تست

یون H^+ تولیدشده به ازای مصرف ۴/۴۸ لیتر گاز هیدروژن در آند یک سلول سوختی هیدروژن در شرایط STP، با چند میلی‌لیتر محلول پتاسیم هیدروکسید ۴ مولار به طور کامل واکنش می‌دهد؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۴۰۰

پاسخ گزینهٔ «۱» نیم‌واکنش اکسایش در آند سلول سوختی هیدروژن به صورت مقابل است: $2H_2(g) \rightarrow 4H^+(aq) + 4e^-$

حالا محاسبه می‌کنیم به ازای مصرف ۴/۴۸ لیتر گاز H_2، چند مول یون $H^+(aq)$ در واکنش بالا تولید می‌شود:

$$4/48\,L\,H_2 \times \frac{1\,mol\,H_2}{22/4\,L\,H_2} \times \frac{4\,mol\,H^+}{2\,mol\,H_2} = 0/4\,mol\,H^+$$

می‌دانیم هر مول H^+ با ۱ مول OH^- به طور کامل واکنش می‌دهد، پس خواهیم داشت:

$$۰/۴\ \text{mol}H^+ \times \frac{۱\ \text{mol}OH^-}{۱\ \text{mol}H^+} \times \frac{۱\ \text{mol}KOH}{۱\ \text{mol}OH^-} \times \frac{۱\ \text{L محلول}}{۴\ \text{mol}KOH} \times \frac{۱۰^۳\ \text{mL محلول}}{۱\ \text{L محلول}} = ۱۰۰\ \text{mL محلول}$$

نکته در این سؤالات رابطهٔ بین مقدار مصرف یا تولید مواد با تعداد الکترون‌های مبادله‌شده در واکنش‌های سلول سوختی، مورد پرسش قرار می‌گیرد.

تست

در کاتد یک سلول سوختی هیدروژن، ۹/۶ گرم گاز اکسیژن مصرف شده است. تعداد الکترون‌های مبادله‌شده در این فرایند با شمار الکترون‌های مبادله‌شده در اثر اکسایش چند گرم فلز آلومینیم ۳۰ درصد خلوص در واکنش با محلول مس (II) سولفات برابر است؟

۱) ۱۰/۸ ۲) ۳۶ ۳) ۴۸ ۴) ۱۱۲

پاسخ گزینهٔ «۲» نیم‌واکنش کاتدی سلول سوختی به صورت زیر می‌باشد:

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

با توجه به واکنش بالا، به ازای مصرف هر ۱ مول $O_۲(g)$، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود. حالا به دست می‌آوریم با مصرف‌شدن ۹/۶ گرم $O_۲$، چند مول الکترون مبادله می‌شود:

$$۹/۶\ \text{g}O_۲ \times \frac{۱\ \text{mol}O_۲}{۳۲\ \text{g}O_۲} \times \frac{۴\ \text{mol}e^-}{۱\ \text{mol}O_۲} = ۱/۲\ \text{mol}e^-$$

اکنون به معادلهٔ نیم‌واکنش اکسایش فلز آلومینیم دقت کنید:

$$Al(s) \rightleftharpoons Al^{۳+}(aq) + ۳e^-$$

با توجه به نیم‌واکنش گفته‌شده به ازای مصرف هر ۱ مول Al، ۳ مول الکترون مبادله می‌شود، پس داریم:

$$۱/۲\ \text{mol}e^- \times \frac{۱\ \text{mol Al}}{۳\ \text{mol}e^-} \times \frac{۲۷\ \text{g Al}}{۱\ \text{mol Al}} = ۱۰/۸\ \text{g Al}_{\text{خالص}}$$

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{مقدار مادهٔ خالص}}{\text{مقدار مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۳۰ = \frac{۱۰/۸\ \text{g Al}}{?} \times ۱۰۰$$

$$\text{مقدار مادهٔ ناخالص (Al)} = \frac{۱۰/۸}{۳۰} \times ۱۰۰ = ۳۶\ \text{g Al}_{\text{ناخالص}}$$

تیپ ۳ مقدار واکنش‌دهنده هم در آند و هم در کاتد داده می‌شود. با توجه به مقدار خروجی یکی از گازها باید مقدار مصرف‌شدهٔ گاز دیگر را محاسبه کنیم.

تست

در یک سلول سوختی هیدروژن، ۱۰ گرم هیدروژن به آند و ۶۴ گرم اکسیژن به کاتد داده شده است. اگر ۴۰ درصد هیدروژن ورودی از آند خارج شود، چند درصد گاز اکسیژن ورودی می‌تواند بدون انجام واکنش، از کاتد خارج شود؟

۱) ٪۱۲/۵ ۲) ٪۲۵ ۳) ٪۵۰ ۴) ٪۷۵

پاسخ گزینهٔ «۲» واکنش کلی سلول سوختی به صورت زیر است:

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$$

از ۱۰ گرم هیدروژنی که وارد آند شده است، ۴۰ درصد آن خارج شده (وارد واکنش نشده) و ۶۰ درصد آن واکنش داده است.

$$۱۰ \times \frac{۶۰}{۱۰۰} = ۶\ \text{g}_{\text{مصرف‌شده}}\ H_2$$

$$۶\ \text{g}H_2 \times \frac{۱\ \text{mol}H_2}{۲\ \text{g}H_2} \times \frac{۱\ \text{mol}O_2}{۲\ \text{mol}H_2} \times \frac{۳۲\ \text{g}O_2}{۱\ \text{mol}O_2} = ۴۸\ \text{g}O_2$$

از ابتدا ۶۴ گرم اکسیژن داخل ظرف داشته‌ایم که ۴۸ گرم از آن مصرف شده است: جرم O_2 اضافی $= ۶۴ - ۴۸ = ۱۶\ \text{g}$

$$\text{درصد اکسیژن اضافی} = \frac{\text{جرم اکسیژن اضافی}}{\text{جرم اکسیژن ورودی}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۶}{۶۴} \times ۱۰۰ = ٪۲۵$$

سلول‌های الکترولیتی

سلول الکترولیتی شامل دو الکترود بی‌اثر و اغلب گرافیتی است که در واکنش شرکت نمی‌کنند. این دو الکترود به قطب‌های یک منبع جریان مستقیم (مثلاً یک باطری) متصل شده‌اند و در یک الکترولیت فرو رفته‌اند.

الکترولیت موجود در این سلول می‌تواند یک ترکیب یونی مذاب و یا محلول یک ترکیب یونی باشد.

الکترودی که به قطب مثبت باطری وصل شده آند و الکترودی که به قطب منفی باتری وصل شده کاتد می‌باشد. پس در سلول الکترولیتی برخلاف گالوانی، آند مثبت و کاتد، منفی است، اما در سلول الکترولیتی نیز مانند گالوانی، الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به سمت کاتد حرکت می‌کنند.

در سلول‌های الکترولیتی نیز مانند گالوانی کاتیون‌های محلول به سمت کاتد حرکت می‌کنند تا در آن‌جا نیم‌واکنش کاهش را انجام دهند.

آنیون‌های محلول نیز به سمت آند حرکت می‌کنند تا در آن‌جا بتوانند نیم‌واکنش اکسایش را انجام دهند.

در سلول الکترولیتی برخلاف گالوانی، انرژی الکتریکی به شیمیایی تبدیل می‌شود و فرایند آن غیرخودبه‌خودی است.

آزمایش ۲ ◦◦ برقکافت آب

به فرایندی که طی آن به وسیلهٔ جریان الکتریکی، آب به عنصرهای سازنده‌اش (H_2 و O_2) تجزیه شود، برقکافت آب گفته می‌شود.

نیم‌واکنش کاهش در کاتد (−): $۴H_۲O(l)+۴e^- \rightarrow ۲H_۲(g)+۴OH^-(aq)$

نیم‌واکنش اکسایش در آند (+): $۲H_۲O(l) \rightarrow O_۲(g)+۴H^+(aq)+۴e^-$

$$۶H_۲O(l) \rightarrow ۲H_۲(g)+O_۲(g)+\underbrace{۴OH^-(aq)+۴H^+(aq)}_{۴H_۲O(l)}$$

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

نکته

۱ در برقکافت آب، در آند، H^+ و در کاتد، OH^- تولید می‌شود. پس در محیط اطراف آند، محیط اسیدی بوده و کاغذ pH به رنگ قرمز درمی‌آید. در صورتی که محیط کنار کاتد، بازی است و کاغذ pH را آبی می‌کند.

۲ در برقکافت آب، گاز آزادشده در کاتد، $H_۲$ و گاز آزادشده در آند، $O_۲$ می‌باشد.

۳ از آن‌جایی که در واکنش نهایی برقکافت، ضریب استوکیومتری $H_۲$ دو برابر $O_۲$ است، پس حجم گاز $H_۲$ تولیدشده در کاتد نیز دو برابر حجم گاز اکسیژن تولیدشده در آند می‌باشد.

BOOK BANK

تست

اگر در سلول الکترولیتی برقکافت آب، ۰/۵ مول الکترون مبادله شود، مجموعاً چند گرم گاز در سلول آزاد می‌شود؟

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۴/۵ ۴) ۹

پاسخ | گزینهٔ «۳» نیم‌واکنش آندی در برقکافت آب به صورت زیر است: $۲H_۲O(l) \rightarrow O_۲(g)+۴H^+(aq)+۴e^-$

پس در آند به ازای تولید ۴ مول الکترون، ۱ مول $O_۲$ تولید می‌شود.

$$۰/۵\ mol\,e^- \times \frac{۱\ mol\,O_۲}{۴\ mol\,e^-} \times \frac{۳۲\ g\,O_۲}{۱\ mol\,O_۲} = ۴\ g\,O_۲$$

نیم‌واکنش کاتدی برقکافت آب نیز به صورت زیر است:

$$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow 1H_2(g) + 2OH^-(aq)$$

در کاتد به ازای مصرف ۲ مول الکترون، ۱ مول H_2 تولید شده است.

$$0/5\ mole^- \times \frac{1\ mol\ H_2}{2\ mole^-} \times \frac{2\ g\ H_2}{1\ mol\ H_2} = 0/5\ g\ H_2$$

جرم کل گاز تولیدشده در سلول = جرم H_2 تولیدشده در کاتد + جرم O_2 تولیدشده در آند

$$= 4\ g\ O_2 + 0/5\ g\ H_2 = 4/5\ g \text{ گاز}$$

تیپ ۵ سلول دانز (برقکافت سدیم کلرید مذاب)

در برقکافت ترکیب‌های یونی مذاب، آنیون‌های ترکیب به سمت آند حرکت کرده تا در آن‌جا اکسایش پیدا کنند. کاتیون‌های ترکیب نیز به سمت کاتد حرکت می‌کنند تا در آن‌جا نیم‌واکنش کاهش را انجام دهند.

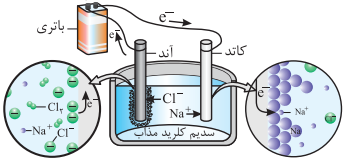
نکته

۱ در این فرایند نیز الکترودها را از جنس گرافیت انتخاب می‌کنند تا در واکنش شرکت نکرده (بی‌اثر باشند) و فقط نقش رسانایی داشته باشند.

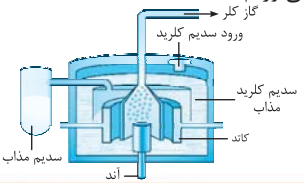
نیم‌واکنش کاهش در کاتد (−): $2Na^+(l) + 2e^- \rightarrow 2Na(l)$

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

واکنش کلی: $\underbrace{2Na^+(l) + 2Cl^-(l)}_{2NaCl(l)} \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$



۲ در برقکافت سدیم کلرید مذاب در کاتد، سدیم مایع و در آند، گاز زردرنگ کلر آزاد می‌شود.
در صنعت، فلز سدیم را از طریق برقکافت سدیم کلرید مذاب در سلول دانز به دست می‌آوریم.



تیپ ۶ تهیهٔ فلز منیزیم از برقکافت منیزیم کلرید مذاب

برای تهیهٔ فلز منیزیم از آب دریا، ابتدا فلز منیزیم را به صورت جامد و نامحلول طبق واکنش زیر رسوب می‌دهند:

$$Mg^{2+}(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow Mg(OH)_2(s) + Ca^{2+}(aq)$$

منیزیم هیدروکسید ایجادشده، توسط صافی جدا شده و طبق واکنش زیر با محلول HCl واکنش می‌دهد:

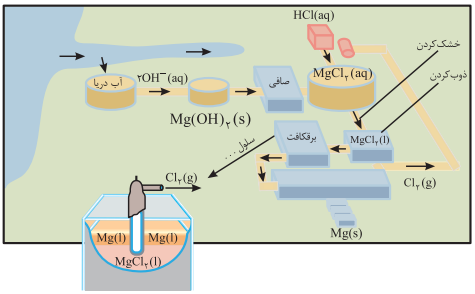
$$Mg(OH)_2(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

پس از تبخیر آب، منیزیم کلرید جامد به دست آمده را ذوب کرده تا $MgCl_2(l)$ به دست آید، سپس با برقکافت $MgCl_2(l)$ در یک سلول الکترولیتی، فلز منیزیم به دست می‌آید.

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

نیم‌واکنش کاهش در کاتد (−): $Mg^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Mg(l)$

واکنش کلی: $\underbrace{Mg^{2+}(l) + 2Cl^-(l)}_{MgCl_2(l)} \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$



نکته

اگر به جای منیزیم کلرید مذاب، محلول منیزیم کلرید را برقکافت کنیم، فلز منیزیم به دست نمی‌آید.

تست

اگر با عبور مقدار مشخصی الکترون از سدیم کلرید مذاب، ۴/۶ گرم سدیم مایع به دست آید، در اثر عبور همان مقدار الکترون از منیزیم کلرید مذاب، چند گرم منیزیم مایع به دست می‌آید؟ $(Mg = 24 , Na = 23 : g.mol^{-1})$

۱) ۱/۲ ۲) ۲/۴ ۳) ۳/۶ ۴) ۴/۸

پاسخ | گزینهٔ «۲» **روش اول** | نیم‌واکنش کاهش Na^+ به Na به صورت مقابل است:

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na$$

پس به ازای مصرف ۱ مول الکترون، ۱ مول سدیم تولید می‌شود.

$$4/6\ g\,Na \times \frac{1\ mol\,Na}{23\ g\,Na} \times \frac{1\ mol\,e^-}{1\ mol\,Na} = 0/2\ mol\,e^-$$

نیم‌واکنش کاهش Mg^{2+} به Mg به صورت زیر است:

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

به ازای مصرف ۲ مول الکترون، ۱ مول Mg تولید می‌شود.

$$۰/۲\,\text{mol}\,e^- \times \frac{۱\,\text{mol}\,Mg}{۲\,\text{mol}\,e^-} \times \frac{۲۴\,\text{g}\,Mg}{۱\,\text{mol}\,Mg} = ۲/۴\,\text{g}\,Mg$$

روش دوم

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na$$

$$Mg^{۲+} + ۲e^- \rightarrow Mg$$

از آن‌جایی که تعداد الکترون‌های مبادله‌شده در هر دو واکنش، یکسان نیست، نیم‌واکنش سدیم را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:

$$۲Na^+ + ۲e^- \rightarrow ۲Na$$

$$Mg^{۲+} + ۲e^- \rightarrow Mg$$

پس با عبور ۲ مول الکترون از داخل سدیم کلرید مذاب، ۲ مول Na و با عبور همین مقدار الکترون از داخل منیزیم کلرید، ۱ مول Mg به دست می‌آید.

می‌توان گفت به ازای تولید هر ۲ مول Na، ۱ مول Mg به دست می‌آید.

$$۴/۶\,\text{g}\,Na \times \frac{۱\,\text{mol}\,Na}{۲۳\,\text{g}\,Na} \times \frac{۱\,\text{mol}\,Mg}{۲\,\text{mol}\,Na} \times \frac{۲۴\,\text{g}\,Mg}{۱\,\text{mol}\,Mg} = ۲/۴\,\text{g}\,Mg$$

سایر تست‌های این فصل را در صفحهٔ ۲۷۱ ببینید.

۱- کدام گونه با سایر گونه‌ها هم‌الکترون نیست؟ $(^{19}_{9}F\ ,\ ^{12}_{6}C\ ,\ ^{16}_{8}O\ ,\ ^{14}_{7}N)$

۱) NO_2^+ ۲) CNO^-

۳) OF_2 ۴) CO_2

۲- اگر تعداد نوترون‌های یون $^{127}_{53}I^-$ دو برابر تعداد الکترون‌های یون X^{3+} باشد و تعداد نوترون‌های عنصر X برابر با ۴۸ باشد، عدد جرمی عنصر X کدام است؟

۱) ۸۵ ۲) ۸۶ ۳) ۸۷ ۴) ۸۸

۳- در گونه‌ای مجهول با عدد جرمی ۵۴، مجموع تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر ۴۷ و مجموع تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها برابر ۵۱ است. کدام گزینه نماد این گونهٔ فرضی را به درستی نمایش می‌دهد؟

۱) X^{3-} ۲) X^{2-}

۳) X ۴) X^{3+}

۴- فرض کنید در یون M^{3+} با عدد جرمی ۴۷، تعداد نوترون‌ها ۲۰ درصد بیشتر از تعداد الکترون‌ها باشد. عدد اتمی عنصر M چه‌قدر است؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۳

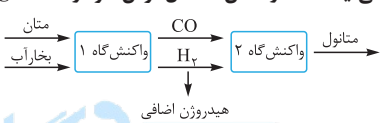
۳) ۲۱ ۴) ۲۲

۵- در گونهٔ تک‌اتمی A، تفاوت تعداد الکترون‌ها و نوترون‌ها برابر ۲ واحد و تفاوت تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها صفر است. اگر در این گونه نسبت تعداد الکترون‌ها به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها، برابر ۰/۴۵ باشد، عدد اتمی این عنصر کدام است؟

۱) ۱۲ ۲) ۱۶

۳) ۲۰ ۴) ۳۴

۱۰۲- یک کارخانهٔ تولید متانول، از واکنش متان با بخار آب برای تولید مواد اولیهٔ لازم استفاده می‌کند (واکنش‌گاه (۱)). در واکنش‌گاه (۲)، از $CO(g)$ و $H_2(g)$ تولیدشده، متانول تهیه می‌شود. به ازای تولید هر کیلوگرم گاز هیدروژن اضافی مورد استفاده در سلول‌های سوختی، چند کیلوگرم متانول به دست می‌آید؟ (همهٔ واکنش‌ها کامل فرض شود و $O=16, C=12, H=1: g.mol^{-1}$) (ریاضی خارج)



واکنش‌گاه ۱: $CH_4(g)+H_2O(g) \rightarrow CO(g)+3H_2(g)$

واکنش‌گاه ۲: $CO(g)+2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(g)$

۱) ۸ ۲) ۱۲ ۳) ۱۶ ۴) ۲۵

۱۰۳- در یک کارگاه از گاز کلر حاصل از یک سلول دانز برای تهیهٔ مایع سفیدکنندهٔ خانگی (محلول ۵٪ جرمی از $NaClO(aq)$)، طبق واکنش (موازنه‌نشدهٔ):

$$NaOH(aq)+Cl_2(g) \rightarrow NaCl(aq)+NaClO(aq)+H_2O(l)$$

استفاده می‌شود. در این کارگاه به ازای تولید ۱/۱۵۰ kg فلز سدیم، به ترتیب چند لیتر محلول سفیدکننده ($d \simeq 1 g.mL^{-1}$) تولید می‌شود؟ (تجربی داخل)

$(Cl=35/5, Na=23, O=16, H=1: g.mol^{-1})$

۱) ۳۵/۷۸ ۲) ۳۷/۲۵ ۳) ۵۱/۵۶ ۴) ۷۴/۵

۱۰۴- در تولید صنعتی هر تن آلومینیم، به تقریب به چند کیلوگرم گرافیت نیاز است و چند متر مکعب گاز در شرایطی که حجم مولی گازها برابر ۲۵ L است، تولید می‌شود؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید و $Al=27, C=12: g.mol^{-1}$)

۱) ۳۳۳ و ۶۹۴/۴ ۲) ۴۴۴ و ۶۹۴/۴

۳) ۳۳۳ و ۶۹۹۴/۴ ۴) ۴۴۴ و ۶۹۹۴/۴

۱۰۵- از برقکافت ۲۵۰ mL محلول قلع (II) کلرید با غلظت ۰/۱ مولار (طبق واکنش زیر)، ۲/۳۷۴ گرم فلز قلع جمع‌آوری شده است. چند گرم یون کلرید در این محلول باقی مانده است؟ $(Sn = 118/7 , Cl = 35/5 : g.mol^{-1})$

$$SnCl_2(aq) \xrightarrow{\text{برقکافت}} Sn(s) + Cl_2(g)$$

۱) ۰/۴۷۴ ۲) ۰/۳۵۵ (ریاضی خارج)
۳) ۰/۹۵ ۴) ۰/۷۱

۱۰۶- اگر در یک سلول سوختی، از متانول به عنوان سوخت استفاده شود، مجموع مقادیر x، y و z در نیم‌سلول واکنش:

$$aCH_3OH(l) + bH_2O(l) \rightarrow xCO_2(g) + yH^+(aq) + ze^-$$

پس از موازنه، کدام است؟ (ریاضی داخل)

۱) ۶ ۲) ۷ ۳) ۱۲ ۴) ۱۳

CitaMehr BOOK BANK

۱- گزینه ۳ | تعداد الکترون گونه‌ها را به دست می‌آوریم:

$$NO_2^+ \text{ تعداد الکترون } \Rightarrow 7+2(8)-\overbrace{(+1)}^{\text{بار گونه}}=22$$

$$CNO^- \text{ تعداد الکترون } \Rightarrow 6+7+8-(-1)=22$$

$$OF_2 \text{ تعداد الکترون } \Rightarrow 8+2(9)=26$$

$$CO_2 \text{ تعداد الکترون } \Rightarrow 6+2(8)=22$$

همان‌طور که دیدید تعداد الکترون گونهٔ OF_2 با بقیه متفاوت است.

۲- گزینه ۴ | با استفاده از رابطهٔ زیر، تعداد نوترون‌های یون $^{127}_{53}I^-$ را حساب می‌کنیم:

عدد اتمی − عدد جرمی = تعداد نوترون

$$^{127}_{53}I^- \text{ تعداد نوترون} = 127-53=74$$

از آن‌جایی که گفته‌شده تعداد نوترون‌های یون $^{127}_{53}I^-$، دو برابر الکترون‌های یون X^{3+} است، پس یون X^{3+} دارای $(\frac{74}{2})$ یا ۳۷ الکترون است و چون ۳ الکترون از دست داده، تعداد الکترون‌های اتم X (در حالت خنثی)، برابر ۴۰ می‌باشد؛ بنابراین عدد اتمی (تعداد پروتون) آن نیز برابر ۴۰ است.

عدد جرمی یک اتم برابر جمع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌های آن است، پس عدد جرمی X^{3+} برابر ۸۸ $(88=40+48)$ است.

۳- گزینه ۴ |

عدد جرمی = پروتون + نوترون

$$54=p+n \Rightarrow n=54-p \quad (*)$$

$$\begin{cases} e+p=47 \\ e+n=51 \xrightarrow[\text{جای‌گذاری نوترون برحسب پروتون}]{(*)} e+54-p=51 \\ \Rightarrow e-p=-3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} p+e=47 \\ e-p=-3 \end{cases}$$

$$2e=44 \Rightarrow e=22$$

$$e-p=-3 \Rightarrow 22-p=-3 \Rightarrow p=25$$

دیدیم که عدد اتمی این عنصر ۲۵ است، پس فقط در صورتی می‌تواند ۲۲ الکترون داشته باشد که ۳ الکترون از دست داده باشد. پس گونهٔ موردنظر، X^{3+} است.

روش تستی ۱ از آن‌جایی که جمع نوترون‌ها و پروتون‌ها، ۵۴ و جمع الکترون‌ها و نوترون‌ها، ۵۱ است، نتیجه می‌گیریم تعداد پروتون‌ها از تعداد الکترون‌ها، ۳ عدد بیشتر است؛ یعنی گونهٔ مجهول ۳ الکترون از دست داده و یون X^{3+} تشکیل داده است.

۴- **گزینهٔ ۲** | با توجه به اطلاعات داده‌شده در سؤال، معادله‌های زیر را می‌نویسیم:

$$\text{تعداد پروتون‌ها} + \text{تعداد نوترون‌ها} = \text{عدد جرمی} \Rightarrow 47=Z+n \quad (1)$$

$$Z=e+3 \quad (2)$$

$$n=e+\frac{20}{100}e \quad (3)$$

$$47=\underbrace{(e+3)}_{Z}+\underbrace{(e+\frac{20}{100}e)}_{n} \Rightarrow 47=2/2e+3 \Rightarrow 44=2/2e \Rightarrow e=20$$

از آن‌جایی‌که یون سه بار مثبت (M^{3+}) ۳ الکترون از دست داده است، ۲۰ الکترون دارد، پس اتم خنثی (M)، ۲۳$(=20+3)$ الکترون دارد؛ بنابراین عدد اتمی آن ۲۳ می‌شود. $Z=e+3=20+3=23$:با توجه به معادلهٔ (۲)

۵- **گزینهٔ ۳** | تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های عنصر A برابر و تعداد نوترون‌ها ۲ عدد بیشتر از الکترون‌ها است (اگر تعداد الکترون‌ها بیشتر از نوترون‌ها بود باید

نسبت تعداد الکترون به مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها از ۰/۵ بیشتر می‌شد، در صورتی که برابر ۰/۴۵ است)؛ بنابراین A یک کاتیون با بار +۲ است:

$$\frac{e}{n+Z}=\frac{۴۵}{۱۰۰} \Rightarrow \frac{Z-۲}{۲Z}=\frac{۴۵}{۱۰۰} \Rightarrow ۱۰۰Z-۲۰۰=۹۰Z \Rightarrow Z=۲۰$$

گیتا ملر
GitaMelr
BOOK BANK

گیتا محمد
GitaMehr
BOOK BANK

۱۰۲- گزینه ۳

$$\xrightarrow{\text{واکنش‌گاه (۱)}} \begin{matrix} ۱\ \text{mol CO} \\ ۳\ \text{mol } H_۲ \end{matrix} \Rightarrow \begin{cases} ۲\ \text{mol } H_۲ \text{ وارد واکنش‌گاه (۲) می‌شود.} \\ ۱\ \text{mol } H_۲ \text{ مول هیدروژن اضافی} \end{cases}$$

از واکنش ۱ مول CO و ۲ مول $H_۲$، ۱ مول متانول تولید می‌شود.

$\Rightarrow ۱\ \text{mol } CH_۳OH = ۳۲\ \text{g}$ متانول

به ازای هر ۲ گرم هیدروژن اضافی ۳۲ گرم متانول تولید می‌شود.

$$۱\,kg\,H_۲\ \text{اضافی} \times \frac{۱۰۰۰\,g\,H_۲}{۱\,kg\,H_۲} \times \frac{۳۲\,g\ \text{متانول}}{۲\,g\,H_۲} \times \frac{۱\,kg\ \text{متانول}}{۱۰۰۰\,g\ \text{متانول}}$$

$$= ۱۶\,kg\ \text{متانول}$$

۱۰۳- گزینه ۲ | معادلهٔ واکنش‌های انجام‌شده به صورت زیر است:

(I) واکنش: $۲NaCl(l) \rightarrow ۲Na(l) + Cl_۲(g)$

(II) واکنش: $۲NaOH(aq) + Cl_۲(g) \rightarrow NaCl(aq) + NaClO(aq) + H_۲O(l)$

می‌بینیم که ضریب استوکیومتری $Cl_۲$ در هر دو واکنش با هم برابر است؛ بنابراین می‌توان هم‌ارزی مقابل را برقرار کرد: $۲Na \equiv Cl_۲ \equiv NaClO$

$$\frac{\text{گرم سدیم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } NaClO}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۱۱۵۰\,g\,Na}{۲ \times ۲۳} = \frac{x\,g\,NaClO}{۱ \times ۷۴/۵}$$

$$\Rightarrow x = ۱/۸۶۲۵ \times ۱۰^۳\,g\,NaClO \quad \text{یا} \quad ۱/۸۶۲۵\,kg\,NaClO$$

مطابق اطلاعات داده‌شده در سؤال، مایع سفیدکننده، شامل ۵ درصدجرمی از $NaClO$ است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\text{درصدجرمی } NaClO \text{ در سفیدکننده} = \frac{\text{جرم } NaClO}{\text{جرم سفیدکننده}} \times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow ۰/۰۵ = \frac{۱/۸۶۲۵\,kg}{x\,kg} \Rightarrow x = ۳۷/۲۵\,kg \ \text{(سفیدکننده)}$$

چگالی مایع سفیدکننده برابر $۱\,g.mL^{-۱}$ یا همان $۱\,kg.L^{-۱}$ است و در نتیجه ۳۷/۲۵ کیلوگرم از آن حجمی معادل ۳۷/۲۵ لیتر دارد.

۱۰۴- گزینه ۱ | منظور از تولید صنعتی آلومینیم، همان فرایند هال است که واکنش کلی آن به صورت زیر است:

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

$$\frac{\text{گرم گرافیت}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم آلومینیم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow \frac{x\ g\,C}{3 \times 12} = \frac{10^6\ g\,Al}{4 \times 27} \Rightarrow x = \frac{10^6}{3}\ g = 333\ kg$$

$$\frac{\text{لیتر گاز (غیر STP)}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم آلومینیم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow \frac{x\ L\,CO_2}{3 \times 25} = \frac{10^6\ g\,Al}{4 \times 27} \Rightarrow x = 694/4 \times 10^3\ L$$

$$x = 694/4 \times 10^3 \times 10^{-3} = 694/4\ m^3\ CO_2$$

۱۰۵- کزینه ۲ معادلهٔ برقکافت قلع طبق صورت سؤال به صورت زیر است:

$$SnCl_2(aq) \rightarrow Sn(s) + Cl_2(g)$$

براساس جرم قلع تولیدشده، تعداد مول مصرفی محلول قلع (II) کلرید و سپس تعداد مول باقی‌ماندهٔ آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x\ mol\,SnCl_2}{1} = \frac{2/374\ g\,Sn}{1 \times 118/7}$$

$$\Rightarrow x = 0/02\ mol \text{ مول } SnCl_2 \text{ مصرف‌شده}$$

$$\text{مول اولیهٔ قلع (II) کلرید} = M.V = 0/1\frac{mol}{L} \times 0/25\,L = 0/025\,mol$$

$$\text{مول مصرف‌شده} - \text{مول اولیه} = \text{تعداد مول باقی‌ماندهٔ قلع (II) کلرید}$$

$$= 0/025 - 0/02 = 0/005\,mol$$

از طرفی قلع (II) کلرید به صورت زیر در آب، یونش می‌یابد:

$$SnCl_2(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$$

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow \frac{0/005\ \text{mol Sn}}{1} = \frac{x\ \text{g}\ Cl^-}{2 \times 35/5} \Rightarrow x = 0/355\ \text{g}\ Cl^-$$

۱۰۶- گزینه ۳ موازنه را از کربن شروع می‌کنیم، زیرا در کل معادلهٔ واکنش فقط در ساختار دو ماده وجود دارد و به صورت مادهٔ تک‌عنصر هم دیده نمی‌شود.

ضریب CH_3OH و CO_2 را ۱ قرار می‌دهیم، سپس ضریب H_2O را هم ۱ قرار می‌دهیم تا مقدار اکسیژن (O) در دو طرف برابر شود. تعداد H در سمت واکنش‌دهنده‌ها ۶ است، پس ضریب H^+ را عدد ۶ می‌گذاریم. طبق قانون پایستگی بار، چون در طرف چپ واکنش مقدار بار صفر است، با قراردادن ضریب ۶ برای e^- موازنه صورت می‌گیرد.

$$1CH_3OH + 1H_2O \rightarrow 1CO_2 + 6H^+ + 6e^-$$
$$x + y + z = 1 + 6 + 6 = 13$$

BOOK BANK