

شیمی (۳)

با انتخاب واژه درست در هر یک از عبارتهای زیر، آن‌ها را کامل کنید. (۱/۵ نمره)

- الف) مخلوط اوره در هگزان یک مخلوط (ناهمگن - همگن) محسوب می‌شود.
 ب) در سلول الکترولیتی برقکافت آب، مولکول‌های آب در اطراف قطب مثبت (اکسایش - کاهش) می‌یابند و کاغذ pH در پیرامون آند به رنگ (سرخ - آبی) درمی‌آید.
 پ) اسیدها بر مبنای میزان (انحلال - یونش) در آب به دو دسته قوی و ضعیف دسته‌بندی می‌شوند و نیترواسید از جمله اسیدهای (قوی - ضعیف) است.
 ت) واکنش تبدیل گاز اتن به اتانوئیک اسید، یک واکنش اکسایش - کاهش، محسوب (می‌شود - نمی‌شود).

راهنمای تصحیح

الف) ناهمگن (صفحه ۴)

ب) اکسایش (۰/۲۵) - سرخ (صفحه ۵۴)

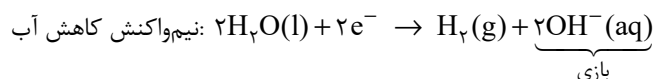
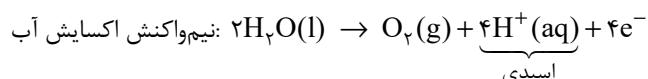
پ) یونش (۰/۲۵) - ضعیف (صفحه‌های ۱۹ و ۲۳)

ت) می‌شود (۰/۲۵) (صفحه‌های ۵۲ و ۵۳)

پاسخ خیلی تشریحی

الف) اوره $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ ، یک مولکول قطبی است اما هگزان $(\text{C}_6\text{H}_{14})$ ، ناقطبی می‌باشد؛ بنابراین اوره در هگزان حل نمی‌شود و مخلوط این دو ماده، ناهمگن است.

ب) در سلول‌های الکترولیتی، آند، قطب مثبت و کاتد، قطب منفی است. در آند، اکسایش و در کاتد، کاهش رخ می‌دهد.



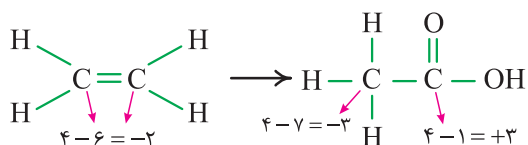
کاغذ pH در محیط‌های اسیدی و بازی به ترتیب به رنگ سرخ و آبی درمی‌آید.

پ) مبنای تقسیم‌بندی اسیدها به قوی و ضعیف، میزان یونش آن‌ها در آب است. اسیدهایی مانند نیتریک اسید

(HNO_3) که به طور کامل در آب یونیده می‌شوند، قوی و اسیدهایی مانند نیترو اسید (HNO_2) که به طور

جزئی در آب یونیده می‌شوند، ضعیف هستند.

ت) واکنش‌هایی که در آن‌ها عدد اکسایش یک یا چند عنصر تغییر می‌کند، از نوع اکسایش - کاهش هستند.



۲

اگر واکنش $M(s) + X^{2+}(aq) \rightarrow M^{2+}(aq) + X(s)$ در جهت طبیعی پیش برود، درستی یا نادرستی هر

یک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید، سپس شکل صحیح عبارت(های) نادرست را بنویسید. (M و X فلز

هستند). (۱/۲۵ نمره)

الف) E° نیم‌سلول M^{2+}/M بزرگ‌تر از E° نیم‌سلول X^{2+}/X است.

ب) E° الکتروود (M^{2+}/M) به یقین عددی منفی است.

پ) در سلول گالوانی حاصل از دو فلز M و X، جرم فلزی M کاهش می‌یابد.

راهنمای تصحیح « الف) نادرست (۰/۲۵) - E° نیم‌سلول M^{2+}/M کوچک‌تر از E° نیم‌سلول X^{2+}/X است. (۰/۲۵)

ب) نادرست (۰/۲۵) - E° الکتروود M^{2+}/M می‌تواند منفی یا مثبت باشد. (۰/۲۵)

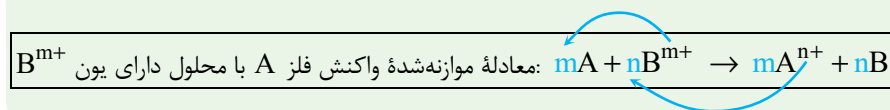
پ) درست (۰/۲۵)

(صفحه‌های ۴۳، ۴۶ و ۴۷)

درس‌Box

اگر قدرت کاهندگی فلز A بیشتر از فلز B باشد (E° فلز A کوچک‌تر باشد)، فلز A می‌تواند با محلول حاوی

کاتیون‌های فلز B واکنش داده و آن‌ها را به اتم‌های فلزی B کاهش دهد.



پاسخ خیلی تشریحی ✓ الف) با توجه به این که واکنش به طور طبیعی انجام می‌شود، نتیجه می‌گیریم که قدرت کاهندگی فلز M از X

بیشتر است و در نتیجه E° آن، کوچک‌تر است.

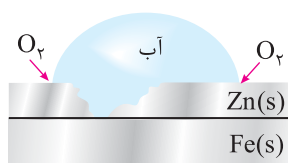
ب) با توجه به اطلاعات داده شده، فقط می‌توانیم E° دو فلز را با هم مقایسه کنیم و از منفی یا مثبت بودن

آن‌ها، اطلاعی نداریم. در واقع نمی‌دانیم فلزها در سری الکتروشیمیایی بالای SHE قرار دارند یا پایین آن!

پ) در سلول‌های گالوانی، فلز کاهنده‌تر نقش آند را دارد و از جرم آن کاسته می‌شود در حالی که فلزی با قدرت

کاهندگی کمتر، نقش کاتد را ایفا می‌کند و بر جرم آن افزوده می‌شود.

۳ با توجه به شکل روبه‌رو، به پرسش‌ها پاسخ دهید. (۱ نمره)



- الف) نام این نوع فلز چیست؟ (آهن گالوانیزه یا حلبی)
 ب) در اثر ایجاد خراش در سطح این نوع آهن، کدام فلز دچار خوردگی می‌شود؟ (Fe یا Zn) چرا؟
 پ) آیا از این نوع آهن می‌توان برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد؟

راهنمای تصحیح

الف) گالوانیزه (۰/۲۵) (صفحه ۵۹)

ب) Zn (۰/۲۵) - قدرت کاهندگی روی از آهن بیشتر است. (صفحه‌های ۵۸ و ۵۹)

پ) خیر (۰/۲۵) (صفحه ۵۹)

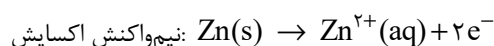
درس Box

مقایسه آهن گالوانیزه و حلبی:

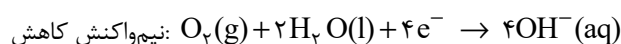
نوع آهن	آهن گالوانیزه یا آهن سفید (آهن + لایه نازکی از فلز روی)	حلبی (آهن + لایه نازکی از فلز قلع)
نوع حفاظت آهن	فیزیکی + کاتدی	فقط فیزیکی
آند	روی	آهن
نیم‌واکنش اکسایش	$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$	$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^{-}$
کاتد	آهن	قلع
نیم‌واکنش کاهش	$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}(aq)$	$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}(aq)$
گونه کاهنده	Zn	Fe
گونه اکسنده	O_2	O_2
رسوب تشکیل شده در پایان واکنش	روی هیدروکسید $(Zn(OH)_2)$	آهن (III) هیدروکسید $(Fe(OH)_3)$
کاربرد	تانکر آب، کانال کولر	ظروف بسته‌بندی مواد غذایی

پاسخ خیلی تشریحی

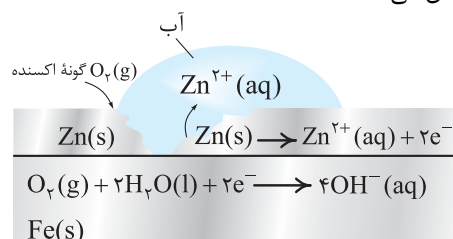
الف) وجود Zn در ورقه آهنی نشان می‌دهد که آهن مورد نظر، همان آهن سفید یا آهن گالوانیزه است.
 ب) هرگاه خراشی در سطح آهن گالوانیزه ایجاد شود، در محل خراش، یک سلول گالوانی تشکیل می‌شود و فلز روی که E° کوچک‌تری دارد، در نقش آند، اکسید شده و از آهن (کاتد) محافظت می‌کند:



الکترون‌های حاصل از اکسایش آند (فلز روی) به سطح کاتد (فلز آهن) منتقل می‌شوند. کاتد (فلز آهن) چون خودش نمی‌تواند کاهش یابد، الکترون‌ها را به اکسیژن تقدیم می‌کند؛ بنابراین خواهیم داشت:

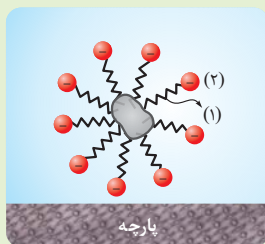


شکل مقابل، نحوه مقاومت آهن گالوانیزه در برابر زنگ‌زدن را نشان می‌دهد:



پ) اسیدهای موجود در مواد غذایی و میوه‌ها بر فلز قلع اثر نمی‌کنند، در حالی که این اسیدها با فلز روی واکنش می‌دهند، در نتیجه Zn^{2+} وارد مواد غذایی شده و آن‌ها را فاسد می‌کند. به همین دلیل مواد غذایی در مجاورت حلبی، برای مدت بیشتری سالم باقی می‌مانند.

شکل روبه‌رو پاک‌شدن لکه چربی توسط صابون از سطح پارچه را نشان می‌دهد. (۲۵/۰ نمره)



- الف) لکه چربی با کدام بخش صابون (زنجیر هیدروکربنی یا بخش قطبی) جاذبه برقرار می‌کند؟
 ب) کدام بخش (۱ یا ۲) باعث پخش شدن چربی در آب می‌شود؟
 پ) بخش (۲) گروه COO^- یا SO_3^- است؟

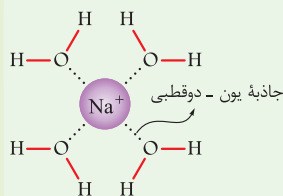
راهنمای تصحیح « الف) زنجیر هیدروکربنی (۲۵/۰)

ب) ۲ (۲۵/۰)

پ) گروه COO^- (۲۵/۰) (صفحه ۸)

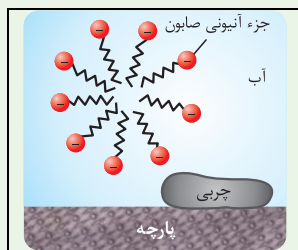
چرک لباس و پوست بدن بیشتر از جنس چربی است. چربی (که ناقطبی است!) و آب (که قطبی است!) در حالت عادی با هم نمی‌سازن و در یکدیگر حل نمی‌شوند، به همین دلیل آب به تنهایی نمی‌تواند این چربی‌ها را جدا کند. این جاست که صابون با ساختار خاصش به داد ما می‌رسد!

مرحله اول) ورود صابون به آب: وقتی صابون وارد آب می‌شود، جزء کاتیونی (+) و آنیونی (-) آن از هم جدا می‌شوند و جزء کاتیونی (با ایجاد جاذبه یون - دوقطبی با مولکول‌های آب) در محلول آب‌پوشی می‌شود و ما همین‌جا با ایشون خداحافظی می‌کنیم، چون نقشی در پاک‌کنندگی ندارد:



اما قضیه برای آنیون‌های صابون ($\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{O}^-$) کاملاً متفاوت! این آنیون‌ها دارای یک سر قطبی یا آب‌دوست

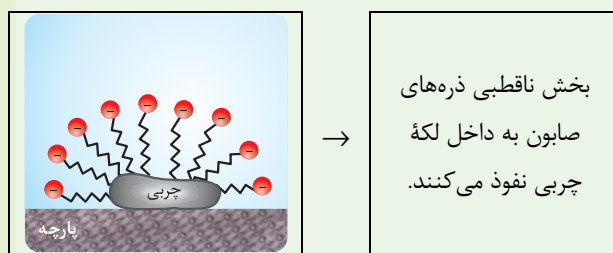
($\text{C}(=\text{O})\text{O}^-$) هستند که به خوبی با آب جاذبه یون - دوقطبی برقرار می‌کنند و لابه‌لای مولکول‌های آب پخش می‌شوند. از طرف دیگر بخش ناقطبی آنیون صابون (R)، که از آب متنفرند! دور هم جمع می‌شوند و قطره‌های کروی کوچکی ایجاد می‌کنند، به طوری که زنجیرهای هیدروکربنی به سمت داخل و سر قطبی بخش آنیونی در سطح قطره‌ها قرار می‌گیرند. ببینید:



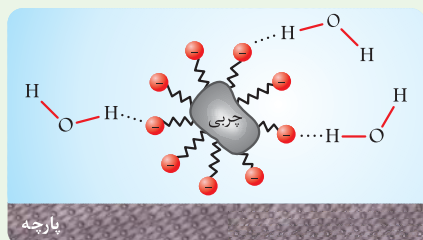
سر آب‌دوست صابون با مولکول‌های آب، جاذبه یون - دوقطبی برقرار می‌کنند و سر ناقطبی آن‌ها کنار هم قرار می‌گیرند، به طوری که زنجیرهای هیدروکربنی به سمت داخل و سر قطبی در سطح قطره‌ها قرار می‌گیرند.

مرحله ۳: آزمون نوبت اول | پایه دوازدهم ریاضی و فیزیک و علوم تجربی

مرحله دوم) جاذبه صابون با چربی: توده‌های صابونی معلق در آب، به لکه روغن یا چربی نزدیک می‌شوند و بخش چربی‌دوست ذره‌های صابون با لکه‌های چربی جاذبه برقرار می‌کند (سر قطبی ذره‌های صابون توسط لکه چربی دفع می‌شود):



مرحله سوم) جداشدن لکه چربی از سطح پارچه: به دلیل جاذبه ایجادشده بین بخش چربی‌دوست با لکه چربی، جاذبه بین لکه چربی با پارچه، ضعیف می‌شود. از طرفی بخش قطبی صابون (COO^-) با مولکول‌های آب، جاذبه برقرار کرده و در نهایت سبب کنده‌شدن و پخش ذرات کوچک چربی در آب می‌شود؛ در این فرایند، ذره‌های صابون مانند پلی بین مولکول‌های آب و چربی قرار می‌گیرند.



جمع‌بندی دلیل خاصیت پاک‌کنندگی صابون، داشتن یک سر قطبی (آب‌دوست) محلول در آب و یک سر ناقطبی (چربی‌دوست) محلول در چربی است. به این ترتیب صابون می‌تواند به عنوان یک پل ارتباطی بین چربی و آب عمل کند.

پاسخ خیلی تشریحی ✓

الف) لکه چربی با بخش ناقطبی صابون یعنی زنجیر هیدروکربنی جاذبه برقرار می‌کند.

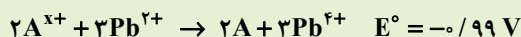
ب) بخش قطبی (گروه COO^-) باعث پخش چربی در آب می‌شود.

پ) در ساختار صابون‌ها، گروه COO^- و در ساختار پاک‌کننده‌های غیرصابونی، گروه SO_3^- وجود دارد:

صابون $\Rightarrow \text{RCOOX}$

پاک‌کننده غیرصابونی $\Rightarrow \text{RC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$

با توجه به معادله واکنش زیر، به پرسش‌ها پاسخ دهید. (۱ نمره)



الف) مفهوم علامت منفی برای E° این واکنش را بنویسید.

ب) در این واکنش چند مول الکترون مبادله شده است؟

پ) x در یون A^{x+} چه عددی است؟

ت) کدام یون (A^{x+} یا Pb^{2+}) کاهش یافته است؟

راهنمای تصحیح: الف) واکنش به طور طبیعی انجام نمی‌شود (یا واکنش در سلول گالوانی قابل انجام نیست) (۰/۲۵) (صفحه ۴۸ و ۵۴)

ب) ۶ (۰/۲۵) (صفحه ۴۳)

پ) ۳ (۰/۲۵) (صفحه ۴۰)

ت) A^{x+} (۰/۲۵) (صفحه‌های ۴۰ و ۴۱)

پاسخ خیلی تشریحی ✓ الف) E° مثبت به معنی خودبه‌خودی بودن یا به طور طبیعی انجام شدن یک واکنش است. این گونه واکنش‌ها در

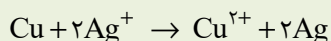
سلول‌های گالوانی انجام می‌شوند. E° سلول‌های الکترولیتی، منفی است و واکنش‌ها در خلاف جهت طبیعی انجام می‌شوند.

ب) هر یون Pb^{2+} با از دست دادن دو الکترون به Pb^{4+} تبدیل شده است. با توجه به این که در معادله واکنش، ۳ یون Pb^{2+} وجود دارد، در مجموع $3 \times 2 = 6$ الکترون در واکنش مبادله شده است.

نکته: برای تعیین شمار الکترون‌های مبادله شده در یک واکنش اکسایش - کاهش می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم:

تغییر عدد اکسایش اتم $\times$ ضریب اکسند $\times$ شمار اتم‌های = شمار الکترون‌های مبادله شده
کاهش یافته در اکسند $\times$ ضریب اکسند = کاهش یافته در اکسند براساس معادله موازنه شده

تغییر عدد اکسایش اتم اکسایش یافته در کاهنده $\times$ ضریب کاهنده $\times$ شمار اتم‌های اکسایش یافته در کاهنده =

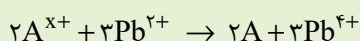


مثال =

$$2e^{-} = 1 \times 2 \times 1 = 2e^{-} \text{ براساس اکسند } (Ag^{+}) \quad 2e^{-} = 1 \times 1 \times 2 = 2e^{-} \text{ براساس کاهنده } (Cu)$$

پ) در یک واکنش اکسایش - کاهش، موازنه بار الکتریکی برقرار است:

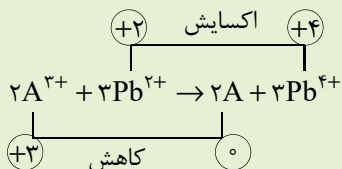
مجموع بارهای مثبت و منفی در سمت راست معادله = مجموع بارهای مثبت و منفی در سمت چپ معادله



$$2 \times (+x) + 3 \times (+2) = 2 \times (+4) \Rightarrow x = 3$$

مجموع بارها در سمت راست = مجموع بارها در سمت چپ

ت) کم شدن بار الکتریکی یا عدد اکسایش، به معنی کاهش یافتن است.



ب) با توجه به واکنش $Sn^{4+} + M \rightarrow Sn^{2+} + M^{n+}$ ، گونه M اکسند است یا کاهنده؟ (سوال ۹ امتحان نهایی خرداد ۱۴۰۴)

پ) اگر در واکنش قسمت (ب) دو مول الکترون مبادله شود، n در M^{n+} چه عددی است؟

پاسخ: ب) کاهنده (۰/۲۵) (صفحه ۴۰) پ) ۲+ (۰/۲۵) (صفحه ۴۳)

pH محلولی از استیک اسید ($K_a = 1/8 \times 10^{-5}$) با pH محلول 6×10^{-4} مولار هیدروکلریک اسید (HCl)

۶

برابر است. (دمای هر دو محلول 25°C است.) (۱/۲۵ نمره)

الف) غلظت مولی یون هیدرونیوم دو محلول را مقایسه کنید.

ب) غلظت یون استات در محلول استیک اسید چند مول بر لیتر است؟

پ) غلظت مولار (تعادلی) استیک اسید (CH_3COOH) را در محلول آن حساب کنید.

راهنمای تصحیح >> الف) با هم برابر است (۰/۲۵) (صفحه ۲۵)

ب) 6×10^{-4} مولار (۰/۲۵) (صفحه ۲۳)

پ) (صفحه ۲۳)

$$[\text{H}^+] = 6 \times 10^{-4}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{(6 \times 10^{-4})(6 \times 10^{-4})}{x} = 1/8 \times 10^{-5} \quad (۰/۵)$$

$$x = 0.02 \text{ mol.L}^{-1} \quad (۰/۲۵)$$

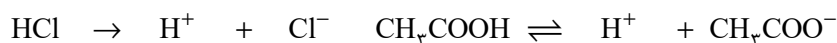
الف) با توجه به این که pH دو محلول برابر است، طبق رابطه زیر غلظت یون هیدرونیوم دو محلول نیز برابر می باشد: ✓ پاسخ خیلی تشریحی

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

ب) HCl یک اسید قوی است و $[\text{H}^+]$ در محلول با غلظت اولیه محلول (6×10^{-4}) برابر است. طبق فرض

سؤال، $[\text{H}^+]$ در محلول استیک اسید نیز برابر 6×10^{-4} مولار است. از طرفی در محلول اسیدهای تک پروتون دار،

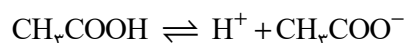
$[\text{H}^+]$ با غلظت آنیون حاصل از یونش برابر است؛ بنابراین غلظت یون استات نیز برابر 6×10^{-4} مولار می باشد:



غلظت اولیه: 6×10^{-4} ، ، ، M ، ، ،

غلظت نهایی: 6×10^{-4} ، 6×10^{-4} ، 6×10^{-4} ، 6×10^{-4} ، 6×10^{-4} ، 6×10^{-4}

پ) باید از رابطه ثابت یونش استفاده کنیم:



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow 1/8 \times 10^{-5} = \frac{6 \times 10^{-4} \times 6 \times 10^{-4}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$\Rightarrow [\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{36 \times 10^{-8}}{18 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-2} = 0.02 \text{ mol.L}^{-1}$$

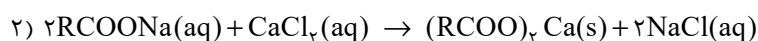
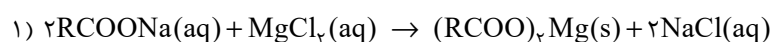
- الف) امروزه فلز لیتیم در فناوری ساخت انواع باتری‌ها، نقش بسیار پر رنگی دارد. (دو دلیل)
- ب) در شرایط یکسان، رسانایی الکتریکی محلول اسید A ($K_a = 9 \times 10^{-7}$) کمتر از رسانایی الکتریکی محلول اسید D ($K_a = 1/2 \times 10^{-2}$) است.
- پ) در مخلوط آب، روغن و صابون، مسیر عبور نور مشخص می‌شود.
- ت) پاک‌کننده‌های صابونی در سفرهای دریایی و صنایع وابسته به آب شور، پاسخگوی نیازهای انسان نیستند.

راهنمای تصحیح

- الف) لیتیم در میان فلزها، کم‌ترین چگالی (۰/۲۵) و کم‌ترین E° (۰/۲۵) را دارد. (صفحه ۳۹)
- ب) اسید A ضعیف‌تر است (یا K_a کوچک‌تری دارد) (۰/۲۵) و مجموع غلظت یون‌ها در محلول آن کم‌تر است. (صفحه‌های ۱۸، ۱۷ و ۲۳)
- پ) مخلوط آب، روغن و صابون، کلوئید است یا ذره‌های سازنده مخلوط به اندازه‌ای درشت هستند که نور را پخش می‌کنند. (صفحه ۷)
- ت) صابون با یون‌های Mg^{2+} و Ca^{2+} موجود در آب شور، رسوب تشکیل داده (۰/۲۵) و به خوبی کف نمی‌کند. (صفحه‌های ۹ و ۱۰)

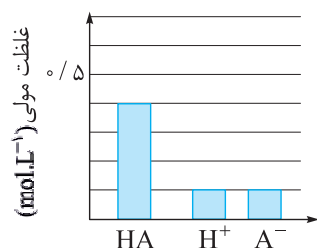
پاسخ خیلی تشریحی

- الف) در فناوری ساخت باتری‌های جدید، فلز لیتیم (Li) نقش بسیار مهمی دارد. حالا چرا؟! (۱) فلز لیتیم دارای کم‌ترین چگالی در بین فلزها (نه همه عنصرها!) است؛ از این‌رو می‌توان به کمک فلز لیتیم، باتری‌های سبک‌تر و کوچک‌تری را تهیه کرد.
- (۲) لیتیم دارای کوچک‌ترین (منفی‌ترین) E° در بین گونه‌های مختلف است؛ به همین دلیل می‌توان به کمک فلز لیتیم، باتری‌هایی با توانایی ذخیره بیشتر انرژی (ولتاژ بالاتر) تولید کرد.
- ب) هر چه یک اسید ضعیف‌تر باشد (K_a آن کوچک‌تر باشد)، در شرایط یکسان، کم‌تر یونیده شده و مجموع غلظت یون‌ها در محلول آن کم‌تر خواهد بود؛ از این‌رو رسانایی الکتریکی محلول آن کم‌تر می‌باشد.
- پ) به دلیل درشت‌بودن ذره‌های سازنده، مسیر عبور نور در کلوئیدها و سوسپانسیون‌ها مشخص است. مخلوط آب، روغن و صابون از نوع کلوئید است.
- ت) صابون طبق معادله‌های زیر با یون‌های Mg^{2+} و Ca^{2+} موجود در آب سخت، واکنش داده و رسوب می‌کند، به همین دلیل در آب‌های شور، به خوبی کف نمی‌کند و قدرت پاک‌کنندگی آن کاهش می‌یابد.



با توجه به شکل زیر که غلظت یون‌های حاصل از یونش اسید ضعیف HA را پس از یونش در آب نشان می‌دهد،

به پرسش‌ها پاسخ دهید. (۱ نمره)



الف) درصد یونش HA را حساب کنید.

ب) ثابت یونش اسید HA (K_a) را در این شرایط محاسبه کنید.

راهنمای تصحیح >> الف) (صفحه‌های ۱۸ و ۱۹)

$$\text{درصد یونش} = \frac{[H^+]}{[HA]_{\text{اولیه}}} \times 100 = \frac{0/1}{0/1 + 0/4} \times 100 = 20 \quad (0/25)$$

ب) (صفحه‌های ۲۲ و ۲۳)

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]_{\text{تعادلی}}} = \frac{0/1 \times 0/1}{0/4} = \frac{2/5 \times 10^{-2}}{(0/25)}$$

درجه یونش و ثابت یونش اسیدی:

• برای مقایسه میزان یونش اسیدها از کمیتی به نام درجه یونش استفاده می‌شود که رابطه آن به صورت زیر است:

$$\text{درجه یونش } (\alpha) = \frac{\text{شمار مول‌های یونیده‌شده}}{\text{شمار کل مول‌های حل‌شده}} \quad \text{یا} \quad \text{درجه یونش } (\alpha) = \frac{\text{شمار مول‌های یونیده‌شده}}{\text{شمار کل مول‌های حل‌شده}}$$

در برخی موارد، به جای درجه یونش، از درصد یونش (α) استفاده می‌شود:

$$\text{درصد یونش } (\alpha) = \text{درجه یونش } (\alpha) \times 100$$

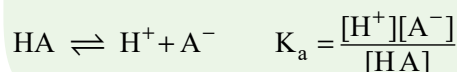
• در رابطه درجه یونش، به جای تعداد ذره‌ها، می‌توان غلظت مولار آن‌ها را نیز قرار داد:

$$\text{درجه یونش } (\alpha) = \frac{\text{غلظت مولار } H^+ \text{ یا آنیون اسید}}{\text{غلظت مولار اسید}} = \frac{\text{غلظت مولار اسید یونیده‌شده}}{\text{غلظت مولار اسید حل‌شده}}$$

اگر غلظت اولیه محلول را M مولار در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$\alpha = \frac{[H^+]}{M} \quad \text{یا} \quad [H^+] = M\alpha$$

• ثابت یونش یک اسید، نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی یون‌های موجود در محلول (فرآورده‌ها) را به غلظت تعادلی آن اسید (واکنش‌دهنده) نشان می‌دهد.



الف) برای محاسبه درصد یونش به غلظت اولیه اسید نیاز داریم، در حالی که در نمودار، غلظت تعادلی آن، نشان داده

شده است. در اسیدهای تک پروتون‌دار مانند HA، به ازای یونیده‌شدن هر مول HA، یک مول H^+ تولید می‌شود،

یعنی تعداد مول‌های یونیده‌شده اسید با تعداد مول‌های H^+ تولیدشده برابر است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\text{غلظت باقی‌مانده اسید} + \text{غلظت یونیده‌شده اسید} = \text{غلظت اولیه اسید}$$

غلظت تعادلی اسید برابر با $[H^+]$

$$\Rightarrow [HA]_{\text{اولیه}} = 0/1 + 0/4 = 0/5$$

این توضیحات را به صورت جدولی نیز می‌توان نشان داد:

$$\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$$

غلظت اولیه	M		°	°
تغییر غلظت	-x		+x	+x
غلظت تعادلی	M - x		x	x

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{°/1}}$

$$M - x = \text{°/4} \xrightarrow{x=\text{°/1}} M = \text{°/5}$$

$$\% \alpha = \frac{x}{M} \times 100 = \frac{\text{°/1}}{\text{°/5}} \times 100 = \%20$$

۹

۰/۳۶ گرم باز ضعیف BOH با جرم مولی 45 g.mol^{-1} را در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب خالص حل می‌کنیم. اگر درصد

یونش این باز برابر ۵/۰ درصد باشد، به پرسش‌ها پاسخ دهید. ($\log 5 = 0.7$) (۲ نمره)

الف) غلظت یون هیدروکسید را در محلول برحسب مول بر لیتر حساب کنید.

ب) pH این محلول را در دمای 25°C به دست آورید.

راهنمای تصحیح >> الف) (صفحه‌های ۲۶ تا ۳۰)

$$\text{غلظت BOH} = \frac{\frac{0.36 \text{ g}}{45 \text{ g.mol}^{-1}}}{0.2 \text{ L}} = 0.04 \text{ mol.L}^{-1} \quad (0.25)$$

$$[\text{OH}^-] = M\alpha = 0.04 \times \frac{0.5}{100} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \quad (0.25)$$

ب) (صفحه‌های ۲۶ تا ۳۰)

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1} \quad (0.25)$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(5 \times 10^{-11}) = 11 - \log 5 = 10.3 \quad (0.25)$$

pH محلول‌های بازی:

درس Box

ما در محلول بازها با $[\text{OH}^-]$ سروکار داریم؛ پس در مسائل بازها ابتدا باید با استفاده از غلظت مولی محلول، $[\text{OH}^-]$ را به دست آوریم و بعد با رابطه $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$ ، به غلظت یون هیدرونیوم برسیم و در آخر هم pH

در بازهای قوی که در ساختار خود n گروه OH^- دارند، غلظت یون هیدروکسید، n برابر غلظت اولیه باز است. به طور مثال:

NaOH در محلول: $[\text{OH}^-] = M(\text{NaOH})$

$\text{Ba}(\text{OH})_2$ در محلول: $[\text{OH}^-] = 2M(\text{Ba}(\text{OH})_2)$

در بازهای ضعیف، با درجه یونش و ثابت یونش سروکار داریم و می‌توانیم از روابط زیر استفاده کنیم:

M: غلظت اولیه باز) $[\text{OH}^-] = M\alpha$ در محلول باز ضعیف BOH و یا NH_3

$$K_b = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{BOH}]} \quad \text{یا} \quad K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{M - [\text{OH}^-]}$$

پاسخ خیلی تشریحی ✓ الف) برای محاسبه $[\text{OH}^-]$ ، به غلظت اولیه محلول نیز نیاز داریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{حجم محلول برحسب لیتر}}$$

$$\text{مول BOH: } 0.36 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{45 \text{ g}} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{حجم محلول: } 200 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.2 \text{ L}$$

$$M = \frac{8 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 4 \times 10^{-2} = 0.04 \text{ mol.L}^{-1}$$

با رابطه $[\text{OH}^-] = M\alpha$ ، غلظت یون هیدروکسید در محلول به دست می‌آید.

ب) برای محاسبه pH، به $[\text{H}^+]$ نیاز داریم که باید آن را به کمک رابطه $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$ حساب کنیم.

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^{-11}$$

$$\text{pH} = -\log(5 \times 10^{-11}) = 11 - \log 5 = 11 - 0.7 = 10.3$$

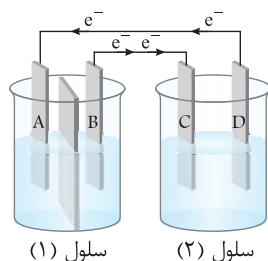
در خیلی از مسائل، $[\text{H}^+]$ به فرم $a \times 10^{-b}$ مولار است. در این مواقع با توجه به قواعد لگاریتم، خیلی سریع می‌توان نوشت:

$$[\text{H}^+] = a \times 10^{-b} \Rightarrow \text{pH} = b - \log a$$



با توجه به شکل زیر که اتصال یک سلول گالوانی را به یک سلول الکترولیتی نشان می‌دهد، به پرسش‌های

مطرح شده پاسخ دهید. (۱ نمره)



الف) کدام سلول، گالوانی است؟

ب) آند سلول (۱) کدام الکترود است؟ (A یا B)

پ) قطب منفی سلول (۲) کدام الکترود است؟ (C یا D)

ت) فرایند $\text{MgCl}_2(l) \rightarrow \text{Mg}(l) + \text{Cl}_2(g)$ در کدام سلول (۱ یا ۲) می‌تواند انجام شود؟

ب) B (۰/۲۵)

الف) سلول (۱) (۰/۲۵)

ت) سلول (۲) (۰/۲۵)

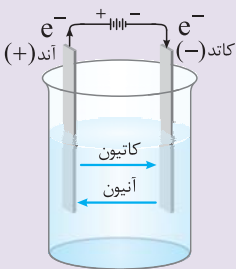
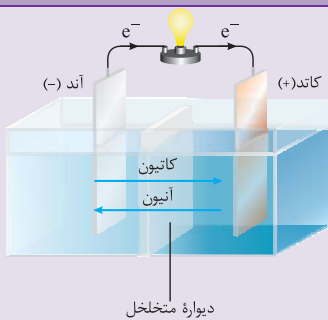
پ) C (۰/۲۵)

(صفحه ۶۶)

راهنمای تصحیح

درس Box

مقایسه سلول‌های گالوانی و الکترولیتی:

سلول الکترولیتی	سلول گالوانی
	
انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود.	انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.
با اعمال یک ولتاژ بیرونی، یک واکنش اکسایش - کاهش دلخواه در خلاف جهت طبیعی انجام می‌شود.	یک واکنش شیمیایی در جهت طبیعی پیش می‌رود.
دو الکترود درون یک الکترولیت قرار گرفته‌اند. (الکترولیت، یک محلول یونی یا یک ترکیب یونی مذاب است.)	دارای دو الکترولیت است که توسط دیواره‌ای متخلخل از هم جدا شده‌اند. (الکترولیت‌ها حاوی کاتیون‌هایی از جنس الکترودها هستند.)
آند، قطب مثبت و کاتد، قطب منفی است.	آند، قطب منفی و کاتد، قطب مثبت است.
معمولاً الکترودهای آند و کاتد بی‌اثرند و در واکنش شرکت نمی‌کنند.	معمولاً الکترودهای آند و کاتد در واکنش شرکت می‌کنند.
اکسایش در آند و کاهش در کاتد انجام می‌شود.	
جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به سمت کاتد است.	
کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند حرکت می‌کنند.	

پاسخ خیلی تشریحی ✓

الف) سلول (۲) که دیواره متخلخل ندارد، یک سلول الکتrolیتی و سلول (۱)، یک سلول گالوانی است.

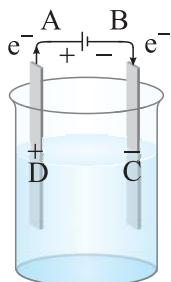
ب و پ) در سلول‌های گالوانی، الکترون‌ها از آند (قطب منفی) خارج و به کاتد (قطب مثبت) وارد می‌شوند:



در سلول‌های الکتrolیتی، الکترون‌ها از آند (قطب مثبت) خارج و به کاتد (قطب منفی) وارد می‌شوند:



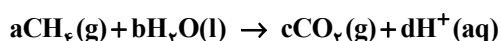
و در آخر! شاید شکل سوال به این صورت ببینید درکش براتون راحت‌تر باشه:



سلول الکتrolیتی

ت) معادله داده‌شده مربوط به برقکافت منیزیم کلرید مذاب است. فرایند برقکافت در سلول الکتrolیتی انجام می‌شود.

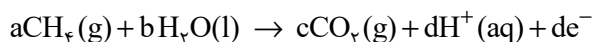
با توجه به نیم‌واکنش زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید. (۱ نمره)



الف) با وارد کردن نماد الکترون (e^-) در این نیم‌واکنش، مشخص کنید، این نیم‌واکنش اکسایش است یا کاهش؟
ب) پس از موازنه معادله این نیم‌واکنش، مقدار ضرایب b و d را بنویسید.

راهنمای تصحیح >> الف) نیم‌واکنش از نوع اکسایش است. (۰/۲۵) (صفحه‌های ۴۰ و ۵۳)

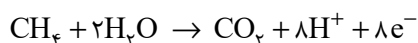
قراردادن الکترون در سمت راست معادله (۰/۲۵)



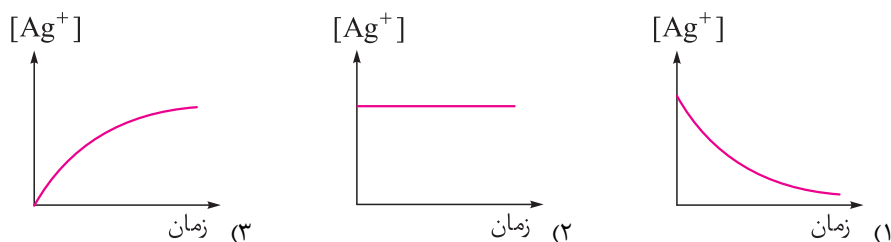
ب) $b = 2$ (۰/۲۵) و $d = 8$ (۰/۲۵) (صفحه‌های ۴۰ و ۵۳)

پاسخ خیلی تشریحی ✓ الف) عدد اکسایش H و O در نیم‌واکنش تغییر نکرده است اما عدد اکسایش کربن از -4 در CH_4 به $+4$ در CO_2 رسیده است، یعنی فرایند اکسایش اتفاق افتاده است. در نیم‌واکنش‌های اکسایش، الکترون در سمت راست معادله قرار می‌گیرد.

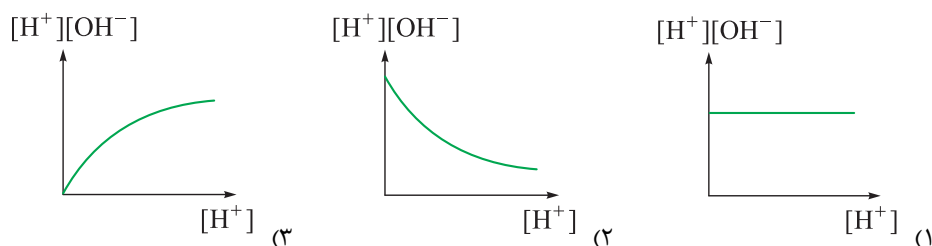
ب) به منظور موازنه C، ضرایب CH_4 و CO_2 را برابر قرار می‌دهیم. در ادامه به منظور موازنه O و H، ضرایب H_2O و H^+ به ترتیب باید برابر ۲ و ۸ باشد. در آخر، به منظور موازنه بار، ضریب الکترون نیز باید برابر ۸ باشد:



الف) کدام نمودار، تغییر غلظت یون Ag^+ را در الکترولیت سلول آبکاری قاشق مسی با الکترود نقره به درستی نشان می‌دهد؟



ب) کدام نمودار، ارتباط بین $[H^+][OH^-]$ با افزایش $[H^+]$ را در دمای ثابت، به درستی نشان می‌دهد؟



پ) اگر در شرایط یکسان، رسانایی الکتریکی محلول آبی A به طور قابل توجهی از محلول آمونیاک بیشتر باشد و رنگ کاغذ pH در حضور محلول A، سرخ شود، محلول A دارای کدام حل‌شونده است؟ دلیل بنویسید.

NaOH (۱) HCl (۲) HCOOH (۳)

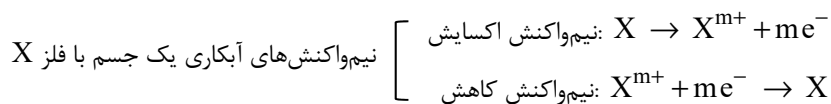
راهنمای تصحیح >> الف) نمودار (۲) (۰/۲۵) (صفحه‌های ۶۰ و ۶۱)

ب) نمودار (۱) (۰/۲۵) (صفحه ۳۴)

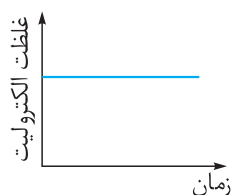
پ) مورد (۲) یا HCl (۰/۲۵) - حل‌شونده باید یک اسید (۰/۲۵) قوی باشد. (صفحه ۳۳)

پاسخ خیلی تشریحی ✓

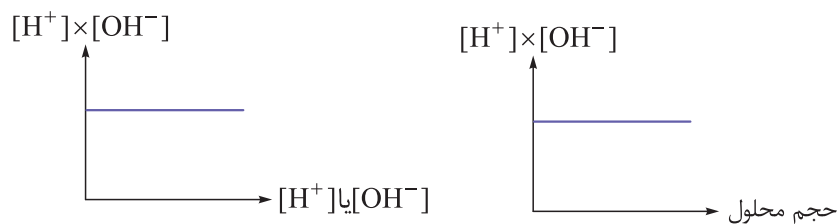
الف) در فرایند آبکاری، نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی هر دو مربوط به فلز پوشاننده هستند.



همان‌طور که می‌بینید در فرایند آبکاری، هر چه‌قدر یون X^{m+} در آند تولید می‌شود، به همان مقدار از آن در کاتد مصرف می‌شود؛ بنابراین غلظت محلول الکترولیت طی فرایند آبکاری، ثابت است.



ب) نمودار $[H^+][OH^-]$ برحسب غلظت هر یک از یون‌ها یا حجم محلول: حاصل ضرب $[H^+][OH^-]$ فقط با دما تغییر می‌کند و به کمیت‌های گفته‌شده بستگی ندارد؛ بنابراین نمودارهای مورد نظر، به صورت یک خط راست با شیب صفر می‌باشند:



پ) رنگ سرخ کاغذ pH، نشان‌دهندهٔ اسیدی بودن محلول A است؛ پس NaOH که باز است، حذف می‌شود. از طرفی آمونیاک، باز ضعیف است و اگر می‌خواهیم غلظت یون‌ها و در نتیجه رسانایی الکتریکی محلول A به طور قابل توجهی از آمونیاک بیشتر باشد، A باید یک اسید قوی مانند HCl باشد (HCOOH یک اسید ضعیف است).

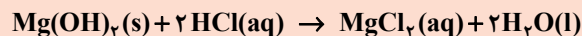
مرحله ۳: آزمون نوبت اول | پایه دوازدهم ریاضی و فیزیک و علوم تجربی

۱۳ pH معده شخصی برابر با ۱/۳ است. این شخص تصمیم دارد با خوردن قرص منیزیم هیدروکسید، pH معده

خود را به حالت طبیعی برساند. اگر حجم اسید معده این شخص ۵ لیتر باشد، حساب کنید برای افزایش pH

معده به ۱/۵، به چند گرم منیزیم هیدروکسید خالص نیاز دارد؟ (۱/۵ نمره)

$$(\log 2 = 0.3, \log 3 = 0.5, \log 5 = 0.7) (1 \text{ mol Mg(OH)}_2 = 58 \text{ g})$$



راهنمای تصحیح >> (صفحه‌های ۳۲ و ۳۶)

$$[\text{HCl}]_{\text{اولیه}} = 10^{-1/3} = 10^{-2} \times 10^{0.7} = 0.05 \text{ mol.L}^{-1} \quad (0.25)$$

$$[\text{HCl}]_{\text{نهایی}} = 10^{-1/5} = 10^{-2} \times 10^{0.5} = 0.03 \text{ mol.L}^{-1} \quad (0.25)$$

$$\text{HCl مصرف شده} = 5\text{L} \times (0.05 - 0.03) \text{ mol.L}^{-1} = 0.1 \text{ mol} \quad (0.25)$$

$$0.1 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ mol Mg(OH)}_2}{2 \text{ mol HCl}} \times \frac{58 \text{ g Mg(OH)}_2}{1 \text{ mol Mg(OH)}_2} = 2.9 \text{ g Mg(OH)}_2 \quad (0.25)$$

پاسخ خیلی تشریحی ✓ با خوردن منیزیم هیدروکسید، pH معده از ۱/۳ به ۱/۵ می‌رسد. برای محاسبه جرم Mg(OH)_2 به کمک معادله واکنش، به تعداد مول اسید مصرف شده (HCl) نیاز داریم که باید به کمک حجم اسید معده و pH اولیه و نهایی، آن را حساب کنیم:

$$\text{حجم اسید معده} \times \underbrace{\text{تغییر غلظت مولی اسید}}_{\text{از pH اولیه و نهایی به دست می‌آید}} = \text{تعداد مول HCl مصرف شده}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{pH}_1 \rightarrow [\text{HCl}]_1 \\ \text{pH}_2 \rightarrow [\text{HCl}]_2 \end{array} \right\} \Rightarrow [\text{HCl}]_1 - [\text{HCl}]_2 : \text{تغییر غلظت اسید}$$

بعد از محاسبه تعداد مول HCl مصرف شده، به کمک محاسبات استوکیومتری، جرم Mg(OH)_2 را حساب می‌کنیم.

- الف) دلیل افزودن هر یک از مواد زیر را به صابون یا شوینده‌ها بنویسید.
- (a) نمک‌های فسفات (b) مواد شیمیایی کلردار
- (ب) نیروی بین مولکولی غالب در هر یک از مواد زیر از چه نوعی است؟
- (a) چربی موجود در کوهان شتر (b) اتیلن گلیکول
- (پ) برای زدودن هر یک از آلاینده‌های زیر، استفاده از کدام پاک‌کننده مناسب‌تر است؟ (پاک‌کننده خورنده یا پاک‌کننده غیرصابونی)
- (a) رسوب تشکیل‌شده بر کف کتری (b) چربی موجود روی لباس پلی‌استری

- راهنمای تصحیح
- الف) (a) افزایش قدرت پاک‌کنندگی (۰/۲۵) (b) ضدعفونی‌کنندگی و میکروب‌کشی (۰/۲۵) (صفحه ۱۲)
- (ب) (a) وان‌دروالسی (۰/۲۵) (b) پیوند هیدروژنی (۰/۲۵) (صفحه ۴)
- (پ) (a) پاک‌کننده خورنده (۰/۲۵) (b) پاک‌کننده غیرصابونی (۰/۲۵) (صفحه ۱۱ و ۱۲)

پاسخ خیلی تشریحی ✓

الف) امروزه در صنعت، بسته به کاربردهای گوناگون، مواد مختلفی به صابون و شوینده‌ها افزوده شده که خواص ویژه‌ای به آن می‌بخشد:

نوع افزودنی به صابون یا شوینده	ویژگی صابون یا شوینده
ترکیب‌های گوگرددار	از بین بردن جوش صورت و قارچ‌های پوستی
مواد شیمیایی کلردار	خاصیت ضدعفونی‌کنندگی و میکروب‌کشی بیشتر
نمک‌های فسفات	افزایش قدرت پاک‌کنندگی و جلوگیری از تشکیل رسوب و ایجاد لکه
جوش شیرین (NaHCO_3)	افزایش قدرت پاک‌کنندگی چربی‌ها (به دلیل خاصیت بازی جوش شیرین و در نتیجه واکنش آن با چربی و تولید صابون)

برای افزایش قدرت پاک‌کنندگی مواد شوینده، به آن‌ها نمک‌های فسفات اضافه می‌کنند، زیرا این نمک‌ها با یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب‌های سخت واکنش داده و مانع از تشکیل رسوب و ایجاد لکه می‌شوند.

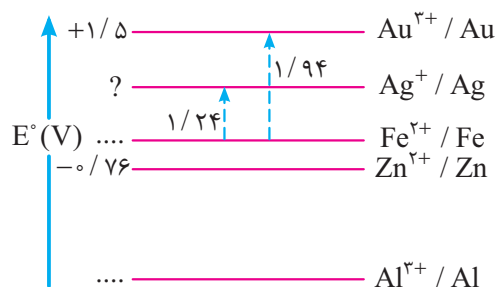
(ب) چربی موجود در کوهان شتر ($\text{C}_{57}\text{H}_{111}\text{O}_6$) که نوعی استر سه عاملی است، در مجموع ناقطبی بوده و نیروی بین مولکولی آن، از نوع وان‌دروالسی است، در حالی که اتیلن گلیکول ($\text{HO}-(\text{CH}_2)_2-\text{OH}$)، مولکولی قطبی بوده و به دلیل داشتن گروه هیدروکسیل ($-\text{OH}$)، نیروی بین مولکولی غالب آن از نوع پیوند هیدروژنی است.

(پ) رسوب تشکیل‌شده بر روی دیواره کتری، به کمک صابون و پاک‌کننده‌های غیرصابونی از بین نمی‌رود و برای از بین بردن آن‌ها، باید از پاک‌کننده‌های خورنده استفاده کرد که با آن‌ها واکنش دهند. برای پاک کردن لکه‌های چربی از روی لباس، می‌توان از پاک‌کننده‌های صابونی و غیرصابونی استفاده کرد.

۱۵

در شکل زیر، هر خطچین نشان‌دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می‌دهد. با توجه به آن

به پرسش‌ها پاسخ دهید. (۱ نمره)



الف) اتصال کدام نیم‌سلول‌ها به یکدیگر، سلول گالوانی با بیشترین ولتاژ را می‌سازد؟

ب) E° نیم‌سلول Ag^+ / Ag را محاسبه کنید.

پ) قوی‌ترین اکسنده را در میان نیم‌واکنش‌های داده بنویسید.

راهنمای تصحیح >> الف) $\text{Al}^{3+} / \text{Al}$ و $\text{Au}^{3+} / \text{Au}$ یا آلومینیم و طلا (صفحه ۴۸ و ۴۹)

$$\text{emf}(\text{Ag} - \text{Au}) = 1/94 - 1/24 = 0/7$$

ب) (صفحه ۴۸)

$$0/7 = 1/5 - E^\circ(\text{Ag}^+ / \text{Ag}) \Rightarrow E^\circ(\text{Ag}^+ / \text{Ag}) = +0/8 \text{ V}$$

پ) Au^{3+} (صفحه ۴۷)

پاسخ خیلی تشریحی ✓ الف) هر چه دو نیم‌سلول در سری الکتروشیمیایی (جدول E°)، فاصله بیشتری با یکدیگر داشته باشند، به عبارت دیگر، تفاوت E° آن‌ها بیشتر باشد، اختلاف پتانسیل بین آند و کاتد بیشتر شده و در نتیجه ولتاژ سلول حاصل بزرگ‌تر خواهد شد.

در این‌جا، تفاوت E° آلومینیم و طلا، از هر دو نیم‌سلول دیگری بیشتر است.

ب) برای محاسبه E° نیم‌سلول Ag^+ / Ag باید از ولتاژ یکی از سلول‌هایی که این نیم‌سلول در آن قرار دارد، استفاده کنیم. با توجه به نمودار، اگر عدد $1/24$ را از $1/94$ کم کنیم، ولتاژ سلول نقره - طلا به دست می‌آید. E°

طلا را که داریم، پس از رابطه محاسبه emf سلول، می‌توانیم E° نقره را نیز حساب کنیم.

$$\text{emf}(\text{Ag} - \text{Au}) = 1/94 - 1/24 = 0/7 \text{ V} \Rightarrow \text{از روی نمودار}$$

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

$$\text{emf}(\text{Ag} - \text{Au}) = E^\circ(\text{Au}^{3+} / \text{Au}) - E^\circ(\text{Ag}^+ / \text{Ag}) \Rightarrow$$

$$0/7 = 1/5 - E^\circ(\text{Ag}^+ / \text{Ag}) \Rightarrow E^\circ(\text{Ag}^+ / \text{Ag}) = 1/5 - 0/7 = +0/8 \text{ V}$$

پ) هر چه E° یک نیم‌سلول بزرگ‌تر باشد، گونه سمت چپ آن، اکسنده قوی‌تری است. در بین نیم‌سلول‌های

داده شده، $\text{Au}^{3+} / \text{Au}$ ، بزرگ‌ترین E° را دارد؛ پس Au^{3+} ، قوی‌ترین اکسنده می‌باشد.

با توجه به «سلول هال» به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. (۱/۲۵ نمره)

الف) گالوانی یا الکترولیتی است؟

ب) در آند این سلول در انتها چه گازی تولید می‌شود؟

پ) چرا در صنعت، پس از مدتی، آندهای این سلول را تعویض می‌کنند؟

ت) با مبادله ۰/۶ مول الکترون در این سلول، چند مول فلز تولید می‌شود؟

راهنمای تصحیح

الف) الکترولیتی (۰/۲۵)

ب) کربن دی‌اکسید یا CO_2 (۰/۲۵)

پ) آند (گرافیت) با فراورده نیم‌واکنش آندی (اکسیژن) واکنش داده و مصرف می‌شود. (۰/۲۵)

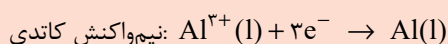
$$\text{ت) } \frac{0.6 \text{ mol } e^-}{12 \text{ mol } e^-} \times \frac{4 \text{ mol Al}}{12 \text{ mol } e^-} = 0.2 \text{ mol Al} \quad (0.25)$$

(صفحه ۶۱)

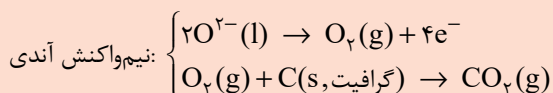
پاسخ خیلی تشریحی

الف) سلول هال به دلیل مصرف انرژی الکتریکی، جزء سلول‌های الکترولیتی است.

ب) در سلول هال، یون‌های Al^{3+} به سمت کاتد (دیواره‌ها و کف سلول) حرکت کرده و با گرفتن الکترون به فلز آلومینیم تبدیل می‌شوند:



یون‌های O^{2-} (ناشی از Al_2O_3 مذاب) به سمت آند (میله‌های گرافیتی موجود در بالای دستگاه) حرکت کرده و به گاز اکسیژن، اکسایش می‌یابند. پس از تولید گاز اکسیژن در آند، گرافیت موجود در آند، به دلیل دمای بالا با گاز اکسیژن واکنش می‌دهد و CO_2 تولید می‌کند:



پ) در سلول هال، گرافیت بخش کاتدی، نقشی در نیم‌واکنش کاتدی ندارد. در نتیجه جرم آن بدون تغییر باقی می‌ماند، در حالی که گرافیت موجود در آند، با گاز اکسیژن واکنش می‌دهد. به همین خاطر رفته‌رفته از جرم آن کاسته می‌شود. به همین دلیل در صنعت، پس از مدتی الکترودهای آند سلول هال را تعویض می‌کنند.

ت) برای به دست آوردن واکنش کلی سلول هال، با توجه به این که شمار الکترون‌های تولید شده در آند، باید با شمار الکترون‌های مصرف شده در کاتد برابر باشد، نیم‌واکنش کاتدی را در ۴ و نیم‌واکنش‌های آندی را در ۳ ضرب می‌کنیم.

