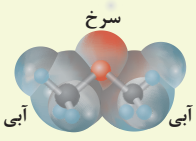
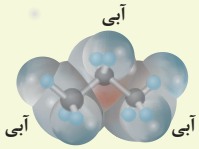
سوالات امتحان نهایی درس: شیمی ۳	رشته: ریاضی و فیزیک ـ علوم تجربی	نوبت: شهریور ماه ۱۴۰۰
پایهٔ دوازدهم، دورهٔ دوم متوسطه	تاریخ امتحان: ۱۴۰۰/۰۶/۱۷	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه

ردیف	سؤالات	نمره
۱	با استفاده از واژه‌های درون کادر، عبارت‌های زیر را کامل کنید. ظرفیت ـ ذره‌های ریز ماده ـ یونی ـ پارازایلن ـ پلاتین ـ مولکولی ـ درونی ـ مولکول‌ها و یون‌ها ـ ضعیف ـ اتیلن گلیکول ـ قوی ـ روی آ) ذره‌های سازندهٔ مخلوط‌های سوسپانسیون، ..... است. ب) یکی از مونومرهای سازندهٔ پلی اتیلن ترفتالات، ..... است. پ) بازها با ثابت یونش کوچک، الکترولیت ..... به‌شمار می‌روند. ت) هنگام جراحی از فلز ..... می‌توان در بخش‌های مختلف بدن استفاده کرد. ث) در شبکهٔ بلوری جامدهای فلزی، الکترون‌های ..... دریای الکترونی را می‌سازند. ج) ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع هستند، جزو ترکیب‌های ..... به‌شمار می‌روند.	۱/۵
۲	درستی یا نادرستی هر یک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید. شکل درست عبارت‌های نادرست را بنویسید. آ) کوارتز از جمله نمونه‌های ناخالص سیلیس است. ب) جسمی که آبکاری می‌شود به قطب مثبت باتری اتصال دارد. پ) گروه‌های عاملی مختلف، گسترهٔ معین و منحصر به فردی از پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کنند. ت) در شرایط یکسان دما و غلظت هر چه ثابت یونش یک اسید بیشتر باشد pH محلول آن اسید بیشتر است.	۱/۷۵
۳	نقشه‌های پتانسیل الکترواستاتیکی پروپان و دی متیل اتر با جرم مولی نزدیک به هم به‌صورت مقابل است. با توجه به آن‌ها به پرسش‌ها پاسخ دهید. آ) کدام‌یک در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند؟ چرا؟ ب) کدام‌یک از این دو مادهٔ گازی شکل، آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود؟ توضیح دهید.  دی‌متیل اتر  پروپان	۱/۲۵
۴	آنتالپی فروپاشی شبکه بلور $NaCl(s)$ و $KBr(s)$ به‌ترتیب ۷۸۷ و ۶۸۹ کیلوژول بر مول است. کدام‌یک از اعداد «۷۱۷، ۶۴۹، ۱۰۳۷» را می‌توان به آنتالپی فروپاشی شبکه بلور $KCl(s)$ نسبت داد؟ چرا؟	۱
۵	با توجه به جدول مقابل به پرسش‌ها پاسخ دهید. آ) کدام پاک‌کننده(ها) صابون مایع هستند؟ ب) کدام پاک‌کننده(ها) افزون‌بر، برهم‌کنش میان ذره‌ها با آلاینده‌ها واکنش می‌دهند؟ چرا؟ پ) تعیین کنید کدام پاک‌کننده (C یا D) در آب سخت خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کند؟ چرا؟ ت) تعیین کنید بخش $(C_{12}H_{25}-C_6H_4)$ در پاک‌کنندهٔ (C)، آب‌دوست است یا آب‌گریز؟ چرا?	۱/۷۵

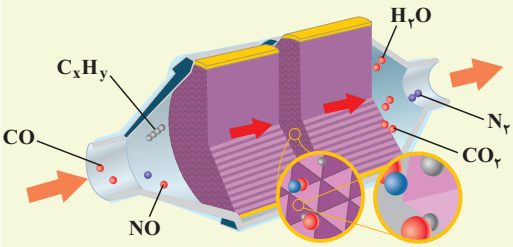
نام پاک‌کننده	فرمول ساختاری پاک‌کننده
A	$NaOH$
B	$C_{17}H_{35}-COO^-K^+$
C	$C_{12}H_{25}-C_6H_4-SO_3^-Na^+$
D	$C_{17}H_{35}-COO^-Na^+$

۶ pH در نمونه‌ای از محلول خاک یک زمین کشاورزی برابر ۶ است. ۱/۵

آ) تعیین کنید برای کاهش میزان اسیدی بودن این خاک، بهتر است محلول کدام ماده (CaO یا N_2O_5) را به آن اضافه کنیم؟ دلیل بنویسید.

ب) غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را در این محلول محاسبه کنید.

۷ با توجه به شکل زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید. ۱



آ) تعیین کنید این شکل مربوط به مبدل کاتالیستی در چه نوع خودروهای (بنزینی یا دیزلی) است؟

ب) معادلهٔ شیمیایی حذف هیدروکربن‌های نسوخته توسط این قطعه را بنویسید؟ (موازنه واکنش الزامی نیست)

پ) چرا با وجود این قطعه در گازهای خروجی از اگزوز خودروها به هنگام گرم شدن و روشن شدن خودرو به‌ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای بیشتری مشاهده می‌شود؟

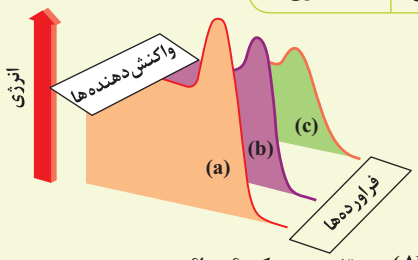
۸ عدد اکسایش اتم نشان‌دار شده با ستاره را محاسبه کنید. ۱

آ) $\overset{*}{C}lO_4^-$

ب) $H-\overset{*}{C}(H)=C(H)-H$

۹ جدول زیر واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن را در شرایط گوناگون و دمای $25^\circ C$ نشان می‌دهد، با توجه به آن پاسخ دهید. ۱/۷۵

آزمایش	شرایط آزمایش	سرعت واکنش
۱	بدون حضور کاتالیزگر	ناچیز
۲	ایجاد جرقه	انفجاری
۳	در حضور پودر روی	سریع
۴	در حضور توری پلاتین	انفجاری



آ) نقش پودر روی در این واکنش چیست؟

ب) نقش جرقه در انجام واکنش (۲) چیست؟

پ) هر یک از نمودارهای (b) و (c) را به کدام‌یک از آزمایش‌های (۳) یا (۴) می‌توان نسبت داد؟

ت) با استفاده از توری پلاتینی در آزمایش (۴) آنتالپی واکنش (ΔH) چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

۱۰ با توجه به جدول مقابل، پاسخ دهید. ۱

نیم واکنش کاهش	E° (V)
$2H^+(aq)+2e^- \rightarrow H_2(g)$	۰/۰۰
$Al^{3+}(aq)+3e^- \rightarrow Al(s)$	−۱/۶۶
$Mn^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Mn(s)$	−۱/۱۸
$Cu^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Cu(s)$	+۰/۳۴

آ) کدام گونه قوی‌ترین کاهنده است؟ چرا؟

ب) آیا محلول هیدروکلریک اسید را می‌توان در ظرفی از جنس فلز مس نگهداری کرد؟ چرا؟

۱۱) اگر در محلول ۰/۶ مولار فورمیک اسید ($HCOOH$)، غلظت یون هیدرونیوم برابر با $1/83 \times 10^{-2}$ مول بر لیتر باشد. — ۱

آ) معادلهٔ یونش فرمیک اسید را بنویسید.

ب) درصد یونش آن را حساب کنید.

۱۲) دلیل هر یک از عبارت‌های زیر را بنویسید. — ۱/۵

آ) از حلبی برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌کنند.

ب) گرافیت موجود در مغز مداد بر روی کاغذ اثر به جا می‌گذارد.

پ) سلول سوختی نوعی سلول گالوانی است.

۱۳) با توجه به واکنش‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید. — ۱/۵

۱) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad \Delta H < 0$

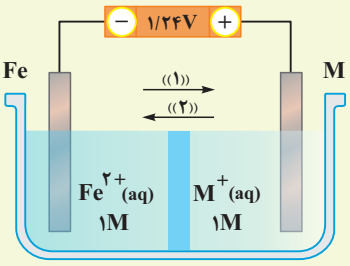
۲) $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H > 0$

آ) با کاهش دما مقدار فرآورده در واکنش (۱) چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

ب) با افزایش دما در واکنش (۲)، ثابت تعادل (K) چه تغییری می‌کند؟

پ) در دمای ثابت افزایش فشار سامانهٔ تعادلی (۲) را، در چه جهتی جابجا می‌کند؟ چرا؟

۱۴) شکل زیر، ولتاژ ولت‌سنج را در سلول گالوانی نشان داده با توجه به آن، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. — ۱/۵



آ) در این سلول کدام فلز (Fe یا M) نقش کاتد را ایفا می‌کند؟

ب) با انجام واکنش جرم کدام تیغه (Fe یا M) کاهش می‌یابد؟

پ) کدام مورد «۱» یا «۲» جهت حرکت آنیون‌ها را نشان می‌دهد؟

ت) کدام ذره (Fe^{2+} یا M^{+}) اکسنده‌تر است؟

ث) اگر پتانسیل کاهشی استاندارد Fe^{2+} / Fe برابر $-0/44V$ باشد، پتانسیل کاهشی استاندارد M^{+} / M را محاسبه کنید.

۱۵) برای تولید ۱۶۸ میلی‌لیتر گاز کربن دی اکسید (CO_2) در شرایط STP، چند میلی‌لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۰/۰۵ مولار باید با مقدار کافی از سدیم هیدروژن کربنات واکنش دهد؟ — ۱

$NaHCO_3(aq) + HCl(aq) \rightarrow CO_2(g) + NaCl(aq) + H_2O(l)$

«موفق باشید» — جمع نمره ۲۰

راهنمای جدول تناوبی عنصرها
۶ ← عدد اتمی
C
۱۲/۰۱ ← جرم اتمی میانگین

۱ H ۱/۰۰۸																	۲ He ۴/۰۰۳
۳ Li ۶/۹۴۱	۴ Be ۹/۰۱۲											۵ B ۱۰/۸۱	۶ C ۱۲/۰۱	۷ N ۱۴/۰۱	۸ O ۱۶/۰۰	۹ F ۱۹/۰۰	۱۰ Ne ۲۰/۱۸
۱۱ Na ۲۲/۹۹	۱۲ Mg ۲۴/۳۱											۱۳ Al ۲۶/۹۸	۱۴ Si ۲۸/۰۹	۱۵ P ۳۰/۹۷	۱۶ S ۳۲/۰۷	۱۷ Cl ۳۵/۴۵	۱۸ Ar ۳۹/۹۵
۱۹ K ۳۹/۱۰	۲۰ Ca ۴۰/۰۸	۲۱ Sc ۴۴/۹۶	۲۲ Ti ۴۷/۸۷	۲۳ V ۵۰/۹۴	۲۴ Cr ۵۲/۰۰	۲۵ Mn ۵۴/۹۴	۲۶ Fe ۵۵/۸۵	۲۷ Co ۵۸/۹۳	۲۸ Ni ۵۸/۶۹	۲۹ Cu ۶۳/۵۵	۳۰ Zn ۶۵/۳۹	۳۱ Ga ۶۹/۷۲	۳۲ Ge ۷۲/۶۴	۳۳ As ۷۴/۹۲	۳۴ Se ۷۸/۹۶	۳۵ Br ۷۹/۹۰	۳۶ Kr ۸۳/۸۰

پاسخ‌های تشریحی

ردیف		نمره
۱	آ) ذره‌های ریز ماده (۰/۲۵) ب) اتیلن گلیکول (۰/۲۵) پ) ضعیف (۰/۲۵) ت) پلاتین (۰/۲۵) ث) ظرفیت (۰/۲۵) ج) مولکولی (۰/۲۵)	۱/۵
۲	آ) نادرست (۰/۲۵) ـ کوارتز از جمله نمونه‌های خالص سیلیس است. (۰/۲۵) ب) نادرست (۰/۲۵) ـ جسمی که آبکاری می‌شود به قطب منفی باتری اتصال دارد. (۰/۲۵) پ) درست (۰/۲۵) ت) نادرست (۰/۲۵) ـ در شرایط یکسان دما و غلظت هر چه ثابت یونش یک اسید بیشتر باشد، pH محلول آن اسید کمتر است. (۰/۲۵)	۱/۷۵
۳	آ) پروپان (۰/۲۵) ـ زیرا توزیع بار الکتریکی آن یکنواخت است. (۰/۲۵) ب) دی متیل اتر (۰/۲۵) ـ زیرا قطبی است (۰/۲۵) پس نیروی جاذبه قوی‌تری بین مولکول‌های آن برقرار می‌شود و آسان‌تر مایع می‌شود. (۰/۲۵)	۱/۲۵
۴	۷۱۷ (۰/۲۵) ـ چگالی بار K^+ کمتر از Na^+ است (۰/۲۵) و Br^- نیز چگالی بار کم‌تری نسبت به Cl^- دارد (۰/۲۵) پس آنتالپی فروپاشی $KCl(s)$ کمتر از $NaCl(s)$ و بیشتر از $KBr(s)$ است. (۰/۲۵)	۱
۵	آ) پاک‌کننده B (۰/۲۵) ب) پاک‌کننده A (۰/۲۵) ـ زیرا یک پاک‌کنندهٔ خورنده است. (۰/۲۵) پ) پاک‌کننده C (۰/۲۵) ـ زیرا پاک‌کنندهٔ غیر صابونی است و با یون‌های موجود در این آب‌ها رسوب نمی‌دهد (۰/۲۵) ت) آب گریز (۰/۲۵) ـ زیرا ناقطبی است. (۰/۲۵)	۱/۷۵
۶	آ) CaO (۰/۲۵) ـ زیرا اکسیدهای فلزی در آب خاصیت بازی داشته و تولید یون هیدروکسید می‌کنند (۰/۲۵) ب) $[H^+]=10^{-pH} \xrightarrow{pH=6} [H^+]=10^{-6}\ mol.L^{-1}$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $[H^+][OH^-]=10^{-14} \Rightarrow [OH^-]=\frac{10^{-14}}{10^{-6}}$ (۰/۲۵) $=10^{-8}\ mol.L^{-1}$ (۰/۲۵)	۱/۵
۷	آ) خودروهای بنزینی (۰/۲۵) ب) $C_xH_y(g)+O_2(g) \rightarrow CO_2(g)+H_2O(g)$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) پ) زیرا هر کاتالیزگر در گسترهٔ دمایی مناسب و معینی واکنش را به بهترین شکل سرعت می‌بخشد. (۰/۲۵)	۱
۸	آ) $Cl+4\times(-2)=-1 \Rightarrow Cl=+7$ (۰/۵) ب) $C: 4-6=-2$ (۰/۵)	۱
۹	آ) کاتالیزگر (۰/۲۵) ب) تامین انرژی فعال‌سازی واکنش (۰/۲۵) پ) نمودار (b): در حضور پودر روی (۰/۲۵) نمودار (c): در حضور توری پلاتینی (۰/۲۵) ت) ثابت می‌ماند (۰/۲۵) با استفاده از کاتالیزگر سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها تغییر نمی‌کند پس آنتالپی واکنش ثابت می‌ماند. (۰/۵)	۱/۷۵
۱۰	آ) Al (۰/۲۵) ـ چون E° منفی‌تری دارد. (۰/۲۵) ب) بله (۰/۲۵) ـ زیرا E° هیدروژن کمتر از مس است و نمی‌تواند از آن الکترون بگیرد. (۰/۲۵)	۱

۱۱ ۱

آ)

$$\underbrace{HCOOH(aq)}_{(۰/۲۵)} \rightarrow \underbrace{H^+(aq) + HCOO^-(aq)}_{(۰/۲۵)}$$

ب)

$$\text{درصد یونش} = \frac{\text{غلظت مولی اسید یونیده}}{\text{غلظت مولی اسید حل شده}} \times ۱۰۰$$

$$= \frac{۰/۰۱۸۳}{۰/۶} \times ۱۰۰ = ٪۳/۰۵ \quad (۰/۵)$$

۱۲ ۱/۵

آ) زیرا قلع با مواد غذایی واکنش نمی‌دهد. (۰/۵)

ب) گرافیت ساختار لایه‌ای دارد (۰/۲۵) و بین لایه‌ها نیروهای ضعیف واندروالس وجود دارد که می‌تواند روی کاغذ اثر به جا بگذارد. (۰/۲۵)

پ) زیرا در سلول سوختی انجام یک واکنش اکسایش ـ کاهش منجر به تولید انرژی الکتریکی می‌شود. (۰/۵)

۱۳ ۱/۵

آ) افزایش می‌یابد (۰/۲۵) ـ با توجه به این‌که این واکنش گرماده است، کاهش دما تعادل را به سمتی می‌برد تا طبق اصل لوشاتلیه اثر دما جبران شده و گرما تولید شود (۰/۲۵) یعنی واکنش رفت پیشرفت کرده و مقدار فرآورده‌ها افزایش پیدا می‌کند. (۰/۲۵)

ب) افزایش می‌یابد. (۰/۲۵)

پ) جهت چپ (۰/۲۵) ـ زیرا افزایش فشار بر سامانه تعادلی سبب می‌شود که تعادل در جهت تولید تعداد مول‌های گازی کمتر جابه‌جا شود. (۰/۲۵)

۱۴ ۱/۵

آ) M (۰/۲۵) ب) Fe (۰/۲۵)

پ) ۲ (۰/۲۵) ت) M^+ (۰/۲۵)

ث)

$$\underbrace{E^\circ_{\text{سلول}} = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \rightarrow ۱/۲۴ = E^\circ_{\text{کاتد}} - (-۰/۴۴)}_{(۰/۲۵)}$$

$$\rightarrow E^\circ_a = ۰/۸V \quad (۰/۲۵)$$

۱۵ ۱

$$\underbrace{۱۶۸mLCO_۲ \times \frac{۱molCO_۲}{۲۲/۴LCO_۲}}_{(۰/۲۵)} \times \underbrace{\frac{۱molHCl}{۱molCO_۲}}_{(۰/۲۵)} \times \underbrace{\frac{۱LHCl}{۰/۰۵molHCl}}_{(۰/۲۵)} = \underbrace{۱۵۰mL\,HCl}_{(۰/۲۵)}$$

جمع نمره ۲۰

«خسته نباشید.»

مقدمهٔ مؤلف

تقدیم به خودت که چقدر خوبی ☺

توی سال دوازدهم، اولویت اصلی با تست‌زنیه و کاملاً هم کار درستیه، اما خب یه مشکلی وجود داره و چیزی نیست جز امتحان‌های مدارس (نیمسال اول) و امتحان‌های نهایی کشوری (نیمسال دوم)! مدل و نحوهٔ پاسخ‌گویی به سؤالات تشریحی، کاملاً متفاوت از سؤالات تستیه و تمام کاری که توی این کتاب کردم، همینه که ابتدا با یک آموزش ساده و کامل، روی تمام تکنیک‌های امتحان‌های نهایی مسلط بشین و بعدش با سیل عظیمی از سؤالات نهایی جدید (خرداد ۹۸ تا شهریور ۱۴۰۰) مواجه میشین.☺ در تألیف این کتاب، **فقط و فقط مطالبی آموزش داده شده‌اند که از نظر امتحان تشریحی ارزش داشته باشند و نه چیزی بیشتر**. در جدول زیر به ریز بارم‌بندی و نمرات هر فصل در امتحان‌های نیمسال اول و دوم اشاره شده است:

فصل	محدودهٔ فصل	نوبت اول	نوبت دوم	شهریور و دی
۱	کل	۱۱/۵	۶/۵	۶/۵
۲	کل	۸/۵	۵	۵
۳	کل		۴	۴
۴	کل		۴/۵	۴/۵
جمع نمره‌ها		۲۰	۲۰	۲۰

★ ★ ★

گاهی اوقات به این فکر می‌کنم که روزها و ماه‌ها خیلی تندتر از قبل می‌گذرند، شاید هم اشتباه کنم ولی موردی که اهمیت داره اینه که با خودِ واقعیمون کنار بیایم و از لحظه لحظهٔ زندگی لذت ببریم، لذت بردن لزوماً به معنای شاد بودن نیست بلکه به معنی درست عمل کردن براساس تجارب موفق و ناموفق قبلیه.☺ شاید در این لذت بردن از هر لحظهٔ زندگی، اشتباه کنیم، زمین بخوریم، به مقصد نرسیم و ... ولی مهم‌تر از همهٔ این اتفاقات، حضور داشتن ما در اون لحظه‌هاست و چیزهایی که خاطره‌سازی می‌کنند.

قدردان لحظه‌های زندگی‌مان باشیم
امیرحسین کریمی

جاری شدن انرژی با سفر الکترون

(صفحهٔ ۳۹ تا ۴۲ کتاب درسی)

۱ باتری مولدی است که در آن واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهد تا بخشی از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل شود و موتور را به حرکت در آورد.

۲ به دسته‌ای از واکنش‌های شیمیایی که در آن، بین گونه‌های شیمیایی، الکترون دادوستد می‌شود، واکنش‌های اکسایش ـ کاهش می‌گویند. در واقع اگر عدد اکسایش حداقل یک عنصر تغییر کرده باشد، واکنش مورد نظر از نوع اکسایش ـ کاهش خواهد بود.

۳ اگر گونه‌ای الکترون از دست بدهد یا عدد اکسایش آن افزایش یابد، اکسایش یافته است. برای مثال در واکنش $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$، اتم آهن دو الکترون از دست داده و اکسایش یافته است.

$FeCl_2 \longrightarrow FeCl_3$

(+۲) (+۳)

۱واحد اکسایش

به تبدیل مقابل توجه کنید:

در این تبدیل، عدد اکسایش آهن، یک واحد افزایش و گونهٔ $FeCl_2$ اکسایش یافته است.

۴ اگر گونه‌ای الکترون به دست آورد یا عدد اکسایش آن کاهش یابد، کاهش یافته است. برای مثال در واکنش $Sn^{4+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}(aq)$، یون قلع (IV) با گرفتن دو الکترون، به یون قلع (II) تبدیل شده و کاهش یافته است.

$MnO_2 \longrightarrow MnCl_2$

(+۴) (+۲)

۲واحد کاهش

به تبدیل مقابل توجه کنید:

در این تبدیل، عدد اکسایش منگنز، دو واحد کاهش و گونهٔ MnO_2 کاهش یافته است.

نکته امتحانی برای شناسایی واکنش‌های اکسایش ـ کاهش باید عدد اکسایش هر عنصر موجود در دو سمت واکنش را حساب کنیم تا تغییر احتمالی آن را به‌دست آوریم. در راه‌حلی ساده‌تر، اگر در یکی از دو سمت معادلهٔ واکنش، عنصری به حالت آزاد با عدد اکسایش صفر (مانند H_2، Na، O_2 و ...) وجود داشته باشد، آن واکنش از نوع اکسایش ـ کاهش است. برای مثال به واکنش زیر توجه کنید:

$$Cu_2S + O_2 \rightarrow 2Cu + SO_2$$

از آن‌جا که در سمت چپ این واکنش، عنصر به حالت آزاد (O_2) وجود دارد، این واکنش از نوع اکسایش ـ کاهش است.

۵ شیمی‌دان‌ها برای نمایش راحت‌تر انتقال الکترون در واکنش‌های اکسایش ـ کاهش، تصمیم گرفتند واکنش‌های اکسایش ـ کاهش را به دو نیم‌واکنش تقسیم کنند:

- نیم‌واکنشی که از دست دادن الکترون را نشان می‌دهد، نیم‌واکنش اکسایش نامیده شده و e^- در سمت راست آن است.
- نیم‌واکنشی که به دست آوردن الکترون را نشان می‌دهد، نیم‌واکنش کاهش نامیده شده و e^- در سمت چپ آن است.

مثال واکنش اکسایش روی (Zn) توسط اکسیژن (O_2)، به‌صورت زیر است:

$$2Zn(s) + O_2(g) \rightarrow 2ZnO(s)$$

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

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

تذکر هر یک از نیم‌واکنش‌ها باید هم از نظر تعداد اتم‌ها (جرم) و هم از نظر بار الکتریکی موازنه باشند.

۶ برای نوشتن واکنش کلی از روی نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، **باید ضریب الکترون (e^-) در دو نیم‌واکنش با هم برابر باشد.** در واکنش فلز روی با اکسیژن، برای یکسان کردن ضرایب e^-، کافیست نیم‌واکنش اکسایش را در عدد ۲ ضرب کرده و سپس با نیم‌واکنش کاهش جمع می‌کنیم:

نیم‌واکنش اکسایش: $2Zn(s) \rightarrow 2Zn^{2+}(s) + 4e^-$

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

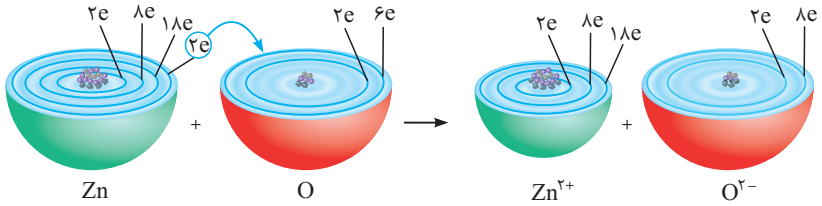
واکنش کلی: $2Zn(s) + O_2(g) \rightarrow 2ZnO(s)$

۷ به دو تعریف زیر توجه کنید:

- ماده‌ای **که باعث اکسایش مادهٔ دیگر شده** و با گرفتن الکترون از آن، خودش کاهش می‌یابد، **اکسنده** است.
- ماده‌ای **که باعث کاهش مادهٔ دیگر شده** و با دادن الکترون به آن، خودش اکسایش می‌یابد، **کاهنده** است.

نکته امتحانی در واکنش‌های اکسایش ـ کاهش، ماده‌ای که عدد اکسایش آن کاهش پیدا می‌کند، اکسنده است. از طرفی ماده‌ای که عدد اکسایش آن افزایش پیدا می‌کند، کاهنده به شمار می‌رود.

مثال ۱ اکسیژن نافلز فعالی است که با **اغلب** (نه همهٔ) فلزها واکنش می‌دهد و آن‌ها را به اکسید تبدیل می‌کند، در حالی‌که با برخی فلزها مانند **طلا و پلاتین** واکنش نمی‌دهد. شکل زیر الگوی ساده‌ای از واکنش بین اتم‌های روی و اکسیژن را با ساختار لایه‌ای اتم نشان می‌دهد.



در واکنش اتم روی ($_{30}Zn$) با اکسیژن ($_{8}O$)، هر اتم روی، دو الکترون از دست داده و اکسایش می‌یابد، در واقع روی کاهنده است. از طرفی اتم اکسیژن با گرفتن دو الکترون از اتم روی، کاهش می‌یابد. در واقع اکسیژن اکسنده است.

$$_{30}Zn: \underbrace{1s^2}_{n=1}\ \underbrace{2s^2 2p^6}_{n=2}\ \underbrace{3s^2 3p^6 3d^{10}}_{n=3}\ \underbrace{4s^2}_{n=4} \xrightarrow[\text{(اکسایش)}]{\text{دو الکترون از دست می‌دهد}} {}_{30}Zn^{2+}: \underbrace{1s^2}_{n=1}\ \underbrace{2s^2 2p^6}_{n=2}\ \underbrace{3s^2 3p^6 3d^{10}}_{n=3}$$

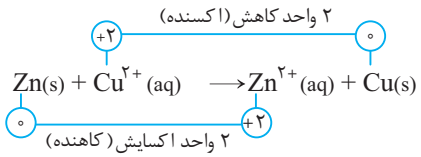
$$_{8}O: \underbrace{1s^2}_{n=1}\ \underbrace{2s^2 2p^4}_{n=2} \xrightarrow[\text{(کاهش)}]{\text{دو الکترون می‌گیرد}} {}_{8}O^{2-}: \underbrace{1s^2}_{n=1}\ \underbrace{2s^2 2p^6}_{n=2}$$

نکته امتحانی اغلب فلزها (مانند Zn) در واکنش با نافلزها (مانند O_2) تمایل دارند یک یا چند الکترون خود را به نافلزها داده و ضمن اکسایش، به کاتیون تبدیل شوند. بنابراین در چنین واکنش‌هایی، فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.

فلزها ← اغلب کاهنده

نافلزها ← اغلب اکسنده

مثال ۲ محلول مس (II) سولفات ($CuSO_4(aq)$) حاوی یون‌های مس (II) می‌باشد. اگر یک تیغه از فلز روی را در محلول آبی حاوی یون‌های مس (II) وارد کنیم، واکنش اکسایش ـ کاهش زیر رخ می‌دهد:



در واکنش بالا، **اتم‌های فلز روی** با از دست دادن الکترون، اکسایش یافته و **کاهنده** هستند. از طرفی **یون‌های مس (II)** با گرفتن این الکترون‌ها و تبدیل شدن به فلز مس، کاهش یافته و اکسنده هستند.

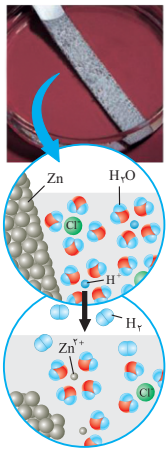
نکته امتحانی محلول $Cu^{2+}(aq)$ آبی رنگ است و با انجام واکنش بالا و مصرف یون‌های $Cu^{2+}(aq)$، به‌تدریج رنگ آبی محلول کم‌رنگ‌تر می‌شود. معادلهٔ واکنش فلز روی با محلول مس (II) را می‌توان به دو نیم‌واکنش زیر تقسیم کرد:

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

نیم‌واکنش کاهش : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

مثال۳ اغلب فلزها می‌توانند با اسیدها واکنش دهند و مطابق واکنش زیر، گاز هیدروژن آزاد کنند:

گاز هیدروژن + ترکیب یونی ← اسید + فلز



شکل مقابل واکنش میان فلز روی و محلول هیدروکلریک اسید را نشان می‌دهد:

- در واکنش زیر، اتم‌های روی الکترون از دست می‌دهند و اکسایش می‌یابند و باعث کاهش یون‌های هیدروژن می‌شوند، از این رو اتم‌های روی نقش کاهنده را دارند. علاوه بر این استدلال، با توجه به افزایش عدد اکسایش روی از صفر در Zn به ۲+ در Zn^{2+}، می‌توان فهمید که روی اکسایش یافته و کاهنده است:

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

- در این واکنش، یون‌های هیدروژن الکترون به‌دست می‌آورند و کاهش می‌یابند و باعث اکسایش اتم‌های روی می‌شوند، از این رو یون‌های هیدروژن نقش اکسنده را دارند. علاوه بر این استدلال، با توجه به کاهش عدد اکسایش هیدروژن از ۱+ در H^+ به صفر در H_2 می‌توان فهمید که هیدروژن کاهش یافته و اکسنده است:

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

- برای نوشتن واکنش کلی اکسایش ـ کاهش از روی نیم‌واکنش‌ها، ضریب e^- در هر دو نیم‌واکنش باید یکسان باشد که در دو مورد اخیر رعایت شده است:

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

نیم‌واکنش کاهش : $2H^+(aq) + \cancel{2e^-} \rightarrow H_2(g)$

واکنش کلی : $Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$

تذکر در واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید، یون‌های کلرید (Cl^-)، یون‌های ناظر یا تماشاچی به‌شمار می‌روند. با فرض نمایش واکنش کلی با یون‌های ناظر، می‌توان نوشت:

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

نمونهٔ امتحانی

۱- عبارت‌های زیر را با انتخاب یکی از موارد داده شده، کامل کنید.

آ) اغلب فلزها در واکنش با اسیدها، گاز (هیدروژن / اکسیژن) آزاد می‌کنند.

ب) در هر واکنش شیمیایی، هنگامی‌که بار الکتریکی یک گونه (مثبت‌تر / منفی‌تر) می‌شود، آن‌گونه اکسایش می‌یابد.

پ) در واکنش: $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2Mg^{2+}(s) + 2O^{2-}(s)$، منیزیم الکترون (به‌دست آورده / از دست داده) و باعث (اکسایش / کاهش) اکسیژن شده است. بنابراین منیزیم، گونهٔ (اکسنده / کاهنده) است.

ت) در واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید، (یون‌های / اتم‌های) هیدروژن، الکترون (از دست می‌دهند / به‌دست می‌آورند) و از این رو نقش (اکسنده / کاهنده) دارند.

پاسخ آ) هیدروژن — ب) مثبت

پ) از دست داده ـ کاهش ـ کاهنده — ت) یون‌های ـ به‌دست می‌آورند ـ اکسنده

۲- درستی یا نادرستی هر یک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید و در صورت نادرست بودن، علت یا شکل درست آن را بنویسید.

آ) اغلب فلزها، اکسنده و اغلب نافلزها، کاهنده هستند.

ب) باتری مولدی است که در آن واکنش‌های شیمیایی رخ می‌دهد تا بخشی از انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل شود.

پ) نیم‌واکنشی که از دست دادن الکترون را نشان می‌دهد، نیم‌واکنش کاهش می‌گویند.

ت) در واکنش فلز روی با محلول مس (II)، یون‌های Cu^{2+} با گرفتن دو الکترون از اتم‌های روی، کاهش می‌یابند و شعاع آن‌ها افزایش می‌یابد.

پاسخ آ) نادرست ـ اغلب فلزها، کاهنده و اغلب نافلزها، اکسنده هستند.

ب) نادرست ـ در باتری، انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

پ) نادرست ـ نیم‌واکنشی که گرفتن الکترون را نشان می‌دهد، نیم‌واکنش کاهش است.

ت) درست ـ دقت کنید که **میان اتم خنثای یک فلز و کاتیون تک اتمی آن، همواره شعاع اتم خنثی بزرگ‌تر است.**

کاتیون آن فلز < فلز : **شعاع**

۳- در هر یک از واکنش‌های زیر، گونه‌های اکسنده و کاهنده را تعیین کنید.

آ) $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$

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

پ) $Cl_2(g) + 2KI(aq) \rightarrow I_2(s) + 2KCl(aq)$

پاسخ برای حل این تیپ از سوالات، کافیست که تغییر عدد اکسایش هرگونه را حساب کنیم و از روی آن اکسنده و کاهنده بودن ذره‌ها را مشخص کنیم:

آ) $\overset{0}{N_2}(g) + \overset{0}{O_2}(g) \longrightarrow \overset{+2}{2NO}(g)$

۲ درجه کاهش، اکسنده

۲ درجه اکسایش، کاهنده

ب) $\overset{0}{Cu}^{2+}(aq) + \overset{0}{Mn}(s) \longrightarrow \overset{+2}{Cu}(s) + \overset{+2}{Mn}^{2+}(aq)$

۲ درجه اکسایش، کاهنده

۲ درجه کاهش، اکسنده

پ) در این واکنش، K^+ به‌عنوان یون ناظر حضور دارد و عدد اکسایش آن تغییر نمی‌کند:

$\overset{0}{Cl_2}(g) + 2KI(aq) \longrightarrow \overset{-1}{I_2}(s) + 2KCl(aq)$

۱ درجه اکسایش، کاهنده

۱ درجه کاهش، اکسنده

موازنهٔ واکنش‌های اکسایش ـ کاهش

(صفحهٔ ۴۰ کتاب درسی)

صدای معلم *در سطح امتحان مدارس و نهایی، از شما موازنهٔ واکنش‌های ساده مانند واکنش میان دو کاتیون فلزی و یا یک فلز و کاتیون دیگر خواسته می‌شود.*

در واکنش‌های شیمیایی موازنه هم از نظر جرم و هم از نظر بار الکتریکی باید برقرار باشد. از دو تیپ زیر که روش‌های مختلف برای موازنه کردن یک نوع واکنش را آموزش می‌دهد، استفاده کنید:

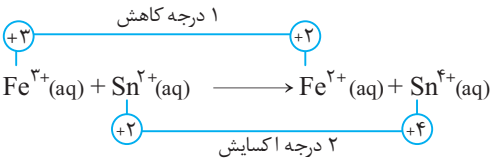
تیپ ۱: در واکنش‌های ساده مانند واکنش «کاتیون‌های دو فلز» و یا واکنش «کاتیون یک فلز و فلزی دیگر»، برای موازنه کافیست تغییر عدد اکسایش گونهٔ اکسنده را ضریب استوکیومتری کاهنده و تغییر عدد اکسایش گونهٔ کاهنده را ضریب استوکیومتری اکسنده قرار دهیم.

مثال می‌خواهیم واکنش اکسایش ـ کاهش مقابل را موازنه کنیم:

$$Fe^{3+}(aq)+Sn^{2+}(aq)\rightarrow Fe^{2+}(aq)+Sn^{4+}(aq)$$

(۵ بار مثبت) (۶ بار مثبت)

تعداد اتم‌های هر عنصر در دو طرف معادله برابر است و موازنهٔ جرم برقرار می‌باشد، ولی معادله از لحاظ بار الکتریکی موازنه نیست، به‌طوری‌که جمع جبری بار الکتریکی دو طرف معادله برابر نمی‌باشد. ابتدا تغییر عدد اکسایش هرگونه را به‌دست می‌آوریم:



اکنون تغییر عدد اکسایش هرگونه را ضریب استوکیومتری گونهٔ دیگر قرار می‌دهیم تا بار الکتریکی دو طرف معادله نیز موازنه شود:

$$2Fe^{3+}(aq)+1Sn^{2+}(aq)\rightarrow 2Fe^{2+}(aq)+1Sn^{4+}(aq)$$

(۸ بار مثبت) (۸ بار مثبت)

تیپ ۲: در روشی که گاهاً در امتحان‌های نهایی تأکید می‌شود، استفاده از نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش برای موازنهٔ واکنش‌هاست. در این روش، ابتدا نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را نوشته و سپس ضریب الکترون (e^-) را در هر دو نیم‌واکنش یکسان کرده و آن‌ها را با هم جمع می‌کنیم تا به معادلهٔ موازنه شده برسیم.

مثال واکنش اکسایش ـ کاهش زیر را به دو نیم‌واکنش تقسیم کرده و سپس آن را موازنه کنید.

$$Sn^{2+}(aq)+Ag^{+}(aq)\rightarrow Sn^{4+}(aq)+Ag(s)$$

پاسخ از آن‌جا که بار گونهٔ Sn^{2+} مثبت‌تر شده، اکسایش یافته و نیم‌واکنش اکسایش آن به‌صورت زیر است:

نیم‌واکنش اکسایش : $Sn^{2+}(aq)\rightarrow Sn^{4+}(aq)+2e^-$

از طرفی، بار گونهٔ Ag^+ منفی‌تر شده و کاهش یافته، بنابراین نیم‌واکنش کاهش به‌صورت زیر است:

نیم‌واکنش کاهش : $Ag^+(aq)+e^-\rightarrow Ag(s)$

با ضرب کردن ضرایب نیم‌واکنش کاهش در عدد ۲، ضرایب e^- در هر دو نیم‌واکنش یکسان می‌شود:

$$Sn^{2+}(aq)\rightarrow Sn^{4+}(aq)+2e^-$$

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

واکنش کلی: $Sn^{2+}(aq)+2Ag^{+}(aq)\rightarrow Sn^{4+}(aq)+2Ag(s)$

تذکر واکنش بالا را از تیپ اول نیز می‌توانید حل کنید. دقت کنید که سوال تعیین می‌کند که از چه راه حلی استفاده شود.

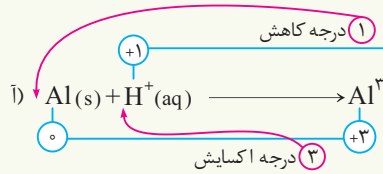
نمونهٔ امتحانی

۱- واکنش‌های اکسایش ـ کاهش زیر را موازنه کنید.

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

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

پاسخ از آن‌جا که در سوال روش خاصی مطرح نشده است، از هر دو تیپ برای حل این سوال می‌توان استفاده کرد، واکنش (آ) را با استفاده از تیپ ۱ و واکنش (ب) را با استفاده از تیپ ۲ موازنه می‌کنیم.



$$Al+3H^+\rightarrow Al^{3+}+\frac{3}{2}H_2$$

برای از بین بردن عدد کسری، تمام ضرایب را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:

$$۲Al(s)+۶H^{+}(aq)\rightarrow ۲Al^{۳+}(aq)+۳H_{۲}(g)$$

ب) واکنش (ب) را به دو نیم‌واکنش زیر تقسیم می‌کنیم:

نیم‌واکنش اکسایش: $Cr(s)\rightarrow Cr^{۳+}(aq)+۳e^{-}$

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

برای یکسان شدن ضرایب e^{-}، اولی را در عدد ۲ و دومی را در عدد ۳ ضرب می‌کنیم:

نیم‌واکنش اکسایش: $۲Cr(s)\rightarrow ۲Cr^{۳+}(aq)+۶e^{-}$

نیم‌واکنش کاهش: $۳Fe^{۲+}(aq)+۶e^{-}\rightarrow ۳Fe(s)$

نیم‌واکنش کلی: $۲Cr(s)+۳Fe^{۲+}(aq)\rightarrow ۲Cr^{۳+}(aq)+۳Fe(s)$

جاری شدن انرژی با سفر الکترون

(صفحهٔ ۴۲ کتاب درسی)

۱ تمایل فلزها برای از دست دادن الکترون و اکسایش یافتن با هم یکسان نیست، در واقع فلزها قدرت کاهندگی متفاوتی دارند. در یک واکنش اکسایش ـ کاهش، فلز با قدرت کاهندگی بیشتر، می‌تواند با کاتیون فلز با قدرت کاهندگی کم‌تر واکنش دهد.

$$A>D \Rightarrow \text{قدرت کاهندگی}: \begin{cases} A+D^{m+}\rightarrow \text{انجام‌پذیر است} \\ D+A^{m+}\rightarrow \text{انجام‌ناپذیر است} \end{cases}$$

۲ در برخی از واکنش‌های اکسایش ـ کاهش، علاوه بر دادوستد الکترون، انرژی نیز آزاد می‌شود. برای مثال از واکنش میان فلزهایی مانند روی، آهن و آلومینیم با محلول مس (II) سولفات، گرما آزاد می‌شود. در واکنش‌هایی از این دست، مخلوط واکنش گرم می‌شود، زیرا سامانهٔ واکنش، بخشی از انرژی خود را به شکل گرما به محیط می‌دهد.

۳ با توجه به مورد بالا، به جدول زیر که از قرار دادن برخی تیغه‌های فلزی درون محلول $CuSO_{۴}$ در دمای $۲۰^{\circ}C$ به‌دست آمده است، توجه کنید.

نام فلز	نشانهٔ شیمیایی فلز	دمای مخلوط واکنش پس از مدتی ($^{\circ}C$)
روی	Zn	۲۶
آهن	Fe	۲۳
طلا	Au	۲۰

اگر فلز M کاهنده‌تر از فلز X باشد، با انجام واکنش میان فلز M و کاتیون X^{n+} در محلول آبی آن، مخلوط واکنش گرم شده و دمای آن بالا می‌رود، زیرا این دسته از واکنش‌ها گرماده ($\Delta H<۰$) هستند. همان‌طور که در جدول بالا می‌بینید، دمای مخلوط واکنش مربوط به تیغهٔ طلا و محلول مس (II) سولفات، تغییری نکرده، پس می‌توان گفت واکنش زیر انجام نشده و قدرت کاهندگی Au کم‌تر از Cu است:

$Au(s)+Cu^{۲+}(aq)\rightarrow$ واکنش رخ نمی‌دهد.

تذکر به‌طور کلی، هرچه فلزی کاهنده‌تر (الکترون دهنده‌تر) باشد، در واکنش با محلول یکسان، گرمای بیشتری در بازهٔ زمانی معین آزاد کرده و دمای مخلوط بالاتر می‌رود، بنابراین با توجه به جدول بالا، فلز روی (Zn) کاهنده‌تر از آهن (Fe) است.

$$\left.\begin{array}{ll} Zn(s)+Cu^{۲+}(aq)\rightarrow Zn^{۲+}(aq)+Cu(s) & ;\ \Delta\theta=۶^{\circ}C \\ Fe(s)+Cu^{۲+}(aq)\rightarrow Fe^{۲+}(aq)+Cu(s) & ;\ \Delta\theta=۳^{\circ}C \\ Au(s)+Cu^{۲+}(aq)\rightarrow \text{واکنش رخ نمی‌دهد.} & ;\ \Delta\theta=۰^{\circ}C \end{array}\right\} \Rightarrow \text{قدرت کاهندگی}: Zn>Fe>Au$$

۴ واکنش اکسایش ـ کاهشی که در سمت رفت به‌طور طبیعی انجام می‌شود، در جهت برگشت، به طور طبیعی انجام‌پذیر نخواهد بود. برای مثال تیغه‌ای از جنس روی با یون‌های مس (II) به‌راحتی واکنش می‌دهد، ولی با قرار دادن تیغه‌ای از جنس مس در محلولی از یون‌های روی، واکنشی انجام نمی‌شود:

$$\begin{cases} Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \\ Cu(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow \text{انجام ناپذیر است} \end{cases}$$

۵ زمانی‌که واکنش $A + B^{m+} \rightarrow$ ، انجام‌پذیر باشد، دیگر نمی‌توان محلولی از یون‌های B^{m+} را در ظرفی از جنس A نگهداری کرد، زیرا فلز A می‌تواند با محلول واکنش دهد و ظرف از بین برود.

مثال قدرت کاهندگی روی از مس بیشتر است و فلز روی با محلول از یون‌های مس (II) می‌تواند واکنش دهد، بنابراین نمی‌توان از فلز روی به‌عنوان ظرف نگهدارندهٔ محلول یون‌های مس (II) استفاده کرد.

نمونهٔ امتحانی

۱- فلز M در واکنش با محلول منیزیم نیترات، دست نخورده باقی می‌ماند، اما در محلول مس (II) نیترات حل می‌شود. قدرت کاهندگی سه فلز M، Zn و Cu را با هم مقایسه کنید.

پاسخ فلز M نتوانسته به Mg^{2+} الکترون بدهد، پس قدرت کاهندگی Mg بیشتر از M است. از طرفی فلز M می‌تواند با Cu^{2+} واکنش دهد، پس قدرت کاهندگی M بیشتر از Cu است:

قدرت کاهندگی : $Mg > M > Cu$

۲- با توجه به واکنش‌های داده شده و تغییرات دمایی بیان شده، قدرت کاهندگی فلزهای Cr، Cu، Ni و Ti را با هم مقایسه کنید.

a) $Ni + Cu^{2+} \rightarrow \Delta\theta = 4^\circ C$

b) $Ti + Cr^{2+} \rightarrow \Delta\theta = 12^\circ C$

c) $Ni + Cr^{2+} \rightarrow \Delta\theta = 0^\circ C$

پاسخ اول از همه، در واکنش c، دمای مخلوط تغییری نکرده و Ni نمی‌تواند به Cr^{2+} الکترون بدهد. در نتیجه قدرت کاهندگی Cr بیشتر از Ni است. در واکنش‌های a و b، دمای مخلوط تغییر کرده که نشان‌دهندهٔ انجام واکنش است، بنابراین قدرت کاهندگی Ti از Cr و Ni از Cu بیشتر است.

$$\left.\begin{matrix} a)\ Ni > Cu \\ b)\ Ti > Cr \\ c)\ Cr > Ni \end{matrix}\right\} \Rightarrow \text{قدرت کاهندگی : } Ti > Cr > Ni > Cu$$

۳- با توجه به واکنش‌های مقابل، به موارد خواسته‌شده پاسخ مناسب دهید.

a) $Zn + Cd^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cd$

b) $Cd + Pt^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Pt$

c) $Zn + Mg^{2+} \rightarrow$ **انجام نمی‌شود**

آ) قدرت کاهندگی چهار فلز Zn، Mg، Cd و Pt را با هم مقایسه کنید.

ب) اگر فلز Mg را در محلولی از یون‌های Pt^{2+} قرار دهیم، آیا واکنشی انجام می‌شود؟ چرا؟

پ) آیا می‌توانیم شربتی از یون‌های Mg^{2+} را در ظرفی از جنس Zn نگه‌داری کنیم؟ چرا؟

پاسخ آ) واکنش‌های a و b انجام می‌شوند، پس Zn کاهنده‌تر از Cd و Cd کاهنده‌تر از Pt است. از طرفی واکنش c انجام ناپذیر است، پس قدرت کاهندگی Mg از Zn بیشتر است:

$$\left.\begin{matrix} a)\ Zn > Cd \\ b)\ Cd > Pt \\ c)\ Mg > Zn \end{matrix}\right\} \Rightarrow \text{قدرت کاهندگی : } Mg > Zn > Cd > Pt$$

ب) بله، زیرا قدرت کاهندگی Mg از Pt بیشتر بوده و می‌تواند به Pt^{2+} الکترون‌دهی کند.

پ) بله، زیرا قدرت کاهندگی Zn از Mg کم‌تر بوده، پس Zn نمی‌تواند به Mg^{2+} الکترون‌دهی کند و واکنشی بین آن‌ها انجام نمی‌شود. در واقع با قرارگیری محلولی از یون‌های Mg^{2+} در ظرفی از جنس Zn، ظرف سالم باقی می‌ماند.

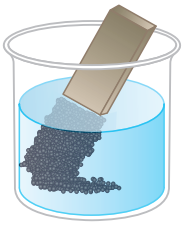
انجام ناپذیر $\rightarrow Zn + Mg^{2+}$

سلول‌های گالوانی

(صفحهٔ ۴۴ تا ۴۶ کتاب درسی)

۱ به مجموعه‌ای که شامل یک تیغهٔ فلزی (رسانای الکترونی یا الکترود) به همراه محلول آبی دارای کاتیون‌های خودش (رسانای یونی یا الکترولیت) باشد، نیم سلول گفته می‌شود.

نیم سلول = تیغهٔ فلزی یا الکترود + محلول آبی دارای کاتیون‌های خودش



۲ چنانچه یک تیغهٔ روی را در محلول حاوی مس (II) وارد کنیم، اتم‌های Zn به یون‌های Zn^{2+} اکسایش و یون‌های Cu^{2+} به اتم‌های Cu کاهش می‌یابند و واکنش زیر به‌طور طبیعی انجام می‌شود:

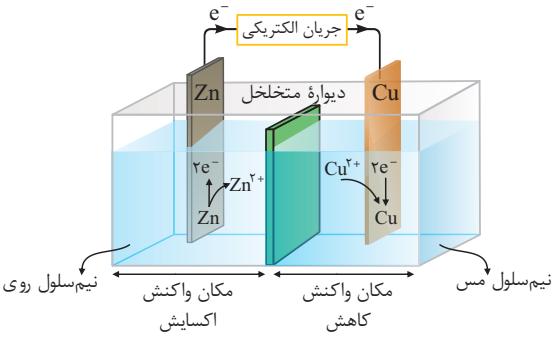
$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \xrightarrow{2e^-} Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

در این واکنش دو الکترون از $Zn(s)$ به یون $Cu^{2+}(aq)$ منتقل شده است. دو روش برای انتقال این الکترون‌ها وجود دارد:

روش اول: مادهٔ کاهنده (Zn) و اکسنده (Cu^{2+}) مانند شکل، در تماس مستقیم با یکدیگر باشند. در این حالت، کنترل واکنش در دست ما نیست.

روش دوم: اگر به جای دادوستد مستقیم الکترون‌ها بین گونهٔ اکسنده و کاهنده در یک واکنش، بتوان به طریقی الکترون‌ها را از یک مدار بیرونی هدایت و جابه‌جا کرد آن‌گاه می‌توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل نمود. **سلول گالوانی** دستگاهی است که می‌تواند براساس قدرت کاهندگی فلزها بخشی از انرژی شیمیایی واکنش‌ها را به انرژی الکتریکی تبدیل کند.

۳ شکل مقابل طرح ساده‌ای از یک سلول گالوانی روی مس را نشان می‌دهد. در این سلول، تیغه‌ای از فلز روی درون محلول روی سولفات (نیم سلول روی) و تیغه‌ای از فلز مس درون محلول مس (II) سولفات (نیم سلول مس) قرار گرفته است. هرگاه نیم سلول‌ها با یک رسانای الکترونی (مانند سیم)، به یکدیگر وصل شوند، الکترون‌ها در مدار بیرونی جابه‌جا شده و باعث ایجاد جریان الکتریکی می‌شود.



۴ به الکترودی که در آن **نیم‌واکنش اکسایش** رخ می‌دهد، **آند** و به الکترودی که در آن **نیم‌واکنش کاهش** رخ می‌دهد، **کاتد** می‌گویند.

صدای معلم *برای اینکه توی ذهنت همیشه بمونه چی کجا اتفاق میفته، به کاکائو فکر کن!*

کاکائو ← کاهش در کاتد

نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش در سلول گالوانی روی ـ مس به‌صورت زیر است:

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

نیم‌واکنش کاهش (کاتد): $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

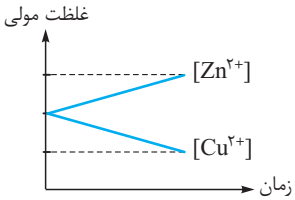
واکنش کلی: $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

۵ مطابق نیم‌واکنش‌های اخیر، **از جرم تیغهٔ آند (روی) کم می‌شود**، زیرا اتم‌های روی در حال تبدیل شدن به یون‌های روی می‌باشند. الکترون‌های تولیدشده در **آند، با استفاده از مدار بیرونی، به سمت کاتد می‌روند**. از طرفی **جرم تیغهٔ کاتد (مس) افزایش می‌یابد**، زیرا یون‌های مس در حال تبدیل به اتم‌های مس هستند.

نکته امتحانی در سلول‌های گالوانی، آند و کاتد به‌ترتیب قطب منفی و مثبت در نظر گرفته می‌شوند.

۶ در نمودارهای «غلظت ـ زمان» تغییرات غلظت مولی گونه‌ها باید متناسب با ضرایب استوکیومتری مواد باشد.

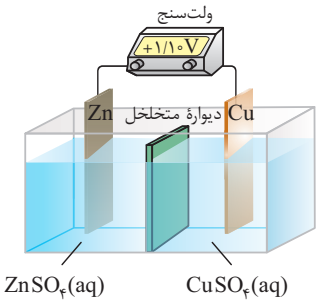
مثال در سلول گالوانی روی ـ مس، Zn به‌عنوان آند و Cu به‌عنوان کاتد شناخته می‌شود. به این ترتیب با گذشت زمان، الکترود روی خورده شده و یون Zn^{2+} تولید می‌شود. در عوض با گذشت زمان الکترود مس چاق‌تر شده و یون‌های Cu^{2+} مصرف می‌شوند. در نتیجه در این سلول غلظت یون Zn^{2+} افزایش و غلظت یون Cu^{2+} کاهش می‌یابد. اگر فرض کنیم غلظت اولیهٔ یون‌ها در هر دو نیم‌سلول یکسان باشد، با توجه به اینکه ضرایب استوکیومتری Zn^{2+} و Cu^{2+} در واکنش یکسان است، میزان تغییر غلظت مولی این دو یون در بازهٔ زمانی یکسان، باید برابر باشد:



۷ با توجه به صحبت‌های بالا، متوجه شدیم که با کارکرد سلول، در نیم‌سلول آند (روی)، غلظت کاتیون‌ها از آنیون‌ها و در نیم‌سلول کاتد (مس)، غلظت آنیون‌ها از کاتیون‌ها بیشتر می‌شود. برای خنثی ماندن هر دو نیم‌سلول از نظر بار الکتریکی، از دیوارهٔ متخلخل در بین دو نیم‌سلول استفاده می‌شود. این دیواره با عبور دادن کاتیون‌ها از آند به کاتد و عبور دادن آنیون‌ها از کاتد به آند، باعث خنثی باقی ماندن نیم‌سلول‌ها می‌شود.

۸ به دلیل انجام پدیدهٔ اکسایش در آند، **الکترود آندی به تدریج خورده و لاغر** می‌شود. از طرفی به دلیل انجام پدیدهٔ کاهش در کاتد، **الکترود کاتدی به‌تدریج چاق شده و جرم آن افزایش** می‌یابد.

۹ اگر در مدار بیرونی یک سلول گالوانی، ولت‌سنج قرار بگیرد، ولتاژی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، اختلاف پتانسیل میان دو نیم‌سلول است که به نیروی الکتروموتوری (emf) معروف بوده و به آن $E^\circ_{\text{سلول}}$ نیز می‌گویند.



۱۰ اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم سلول به‌طور جداگانه ممکن نیست و این کمیت باید به‌طور نسبی اندازه‌گیری شود. شیمیدان‌ها برای دستیابی به این هدف، نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE) را به‌عنوان مبنا انتخاب کردند و پتانسیل آن را برابر با صفر در نظر گرفتند. در گام بعدی، با تشکیل سلول گالوانی از هر نیم سلول با SHE توانستند پتانسیل بسیاری از نیم‌سلول‌ها را اندازه‌گیری کرده و در جدولی مانند جدول مقابل ثبت کنند.

نیم‌واکنش کاهش کاهنده $\rightarrow$ اکسنده $+ne^-$	E° (V)
$Au^{3+}(aq)+3e^- \rightarrow Au(s)$	+۱/۵۰
$Pt^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Pt(s)$	+۱/۲۰
$Ag^+(aq)+e^- \rightarrow Ag(s)$	+۰/۸۰
$Cu^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Cu(s)$	+۰/۳۴
$2H^+(aq)+2e^- \rightarrow H_2(g)$	۰/۰۰
$Sn^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Sn(s)$	−۰/۱۴
$Fe^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Fe(s)$	−۰/۴۴
$Zn^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Zn(s)$	−۰/۷۶
$Mn^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Mn(s)$	−۱/۱۸
$Al^{3+}(aq)+3e^- \rightarrow Al(s)$	−۱/۶۶
$Mg^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Mg(s)$	−۲/۳۷

E° مثبت‌تر، اکسنده قوی‌تر

E° منفی‌تر، کاهنده قوی‌تر

تذکر اندازه‌گیری در جدول مورد نظر، در دمای $25^\circ C$، فشار $1atm$ و غلظت یک مولار برای محلول الکترولیت‌ها انجام شده است. در این شرایط پتانسیل اندازه‌گیری‌شده را پتانسیل استاندارد نیم‌سلول می‌نامند و با E° نشان می‌دهند.

II در جدول مورد نظر که به سری الکتروشیمیایی معروف است، نیم‌واکنش‌ها به شکل کاهش نوشته شده‌اند. بنابراین در هر نیم‌واکنش، گونهٔ کاهنده در سمت راست و گونهٔ اکسنده در سمت چپ نوشته می‌شود. هر چه E° یک نیم‌واکنش، بزرگتر (مثبت‌تر) باشد، گونهٔ موجود در ستون اکسنده‌ها تمایل بیشتری برای گرفتن الکترون دارد و اکسندهٔ قوی تری است. در عوض هرچه E° یک نیم‌واکنش، کوچکتر (منفی‌تر) باشد، گونهٔ موجود در ستون کاهنده‌ها تمایل بیشتری برای دادن الکترون دارد و کاهندهٔ قوی‌تری است.

مثال به مقایسهٔ قدرت اکسندگی و کاهندگی گونه‌ها در نیم‌واکنش‌های زیر توجه کنید.

$$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s) \quad ; \quad E^\circ = -0/76V$$
$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s) \quad ; \quad E^\circ = +0/34V$$

ستون کاهنده‌ها ستون اکسنده‌ها

$E^\circ(Cu^{2+}/Cu) > E^\circ(Zn^{2+}/Zn)$ ⟵ قدرت اکسندگی: $Cu^{2+} > Zn^{2+}$ ؛ قدرت کاهندگی: $Cu < Zn$

تذکر همان‌طور که خواندیم برای مقایسهٔ قدرت اکسندگی گونه‌ها به گونهٔ سمت چپ نیم‌واکنش‌ها و برای مقایسهٔ قدرت کاهندگی گونه‌ها، به گونهٔ سمت راست نیم‌واکنش‌ها توجه می‌کنیم.

نکته امتحانی پلاتین را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به‌کار برد، زیرا این فلز E° بالایی داشته و واکنش‌پذیری آن بسیار کم است.

۱۲ برای محاسبهٔ emf یا E° یک سلول گالوانی، ابتدا آند و کاتد را مشخص کرده و سپس از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

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

نمونهٔ امتحانی

۱- عبارت‌های زیر را با انتخاب یکی از موارد داده شده، کامل کنید. (نهایی ـ اردیبهشت ۸۸)

آ) محلول الکترولیت در نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE)، اسیدی با غلظت (۱ مولار / ۰/۱ مولار) است.

ب) در سلول‌های الکتروشیمیایی مانند سلول گالوانی، فرایند کاهش در نیم‌سلول (آندی / کاتدی) رخ می‌دهد.

پ) در سلول گالوانی، فلزی که E° (مثبت‌تر / منفی‌تر) دارد، نقش (آند / کاتد) را ایفا می‌کند و قطب مثبت سلول را تشکیل می‌دهد.

ت) در سلول گالوانی (کاتیون‌ها / آنیون‌ها) با گذر از (دیوارهٔ متخلخل / مدار بیرونی) از نیم‌سلول آند به کاتد می‌روند.

پاسخ آ) ۱ مولار ب) کاتدی پ) مثبت‌تر ـ کاتد ت) کاتیون‌ها ـ دیوارهٔ متخلخل

۲- درستی یا نادرستی هر یک از جمله‌های زیر را مشخص کنید و در صورت نادرست بودن علت یا شکل درست آن را بنویسید.

آ) اگر اندازه‌گیری‌ها در دمای $0^\circ C$ و فشار $1atm$ برای محلول‌های الکترولیت انجام شود، به پتانسیل به وجود آمده، پتانسیل استاندارد (E°) نیم‌سلول گفته می‌شود.

ب) در نیم سلول کاتدی، غلظت کاتیون‌ها از آنیون‌ها بیشتر است.

پ) اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول به‌طور جداگانه ممکن نیست.

ت) در سلول گالوانی، از جرم تیغهٔ آندی کم شده و به جرم تیغهٔ کاتدی افزوده می‌شود.

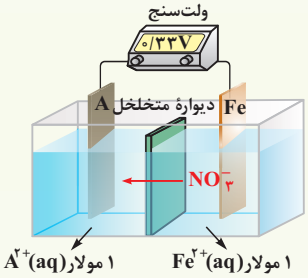
پاسخ آ) نادرست ـ برای اندازه‌گیری E°، دما باید $25^\circ C$ یا $298K$ باشد.

ب) نادرست ـ در نیم‌سلول کاتدی، فرایند کاهش به‌صورت: $M^{n+}(aq)+ne^- \rightarrow M(s)$ نوشته می‌شود که نشان می‌دهد کاتیون‌ها در سطح تیغهٔ کاتدی، الکترون به‌دست آورده و از غلظت آن‌ها کم می‌شود. بنابراین در نیم‌سلول کاتدی غلظت کاتیون‌ها از آنیون‌ها کم‌تر است.

پ) درست

ت) درست

۳- شکل مقابل ساختار یک سلول گالوانی است:



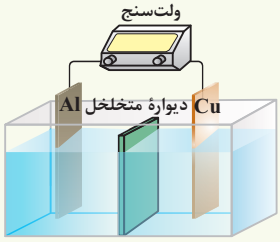
آ) کدام فلز نقش کاتد را دارد؟ چرا؟

ب) اگر $E^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0/44\,V$ باشد، با توجه به ولتاژ سلول، $E^\circ(A^{2+}/A)$ را محاسبه کنید.

پاسخ آ) آهن (Fe)، آنیون (NO_3^-) از سمت نیم‌سلول آهن به سمت نیم‌سلول A رفته است. از آن‌جا که در سلول گالوانی، آنیون‌ها از کاتد به آند می‌روند، می‌توان نتیجه گرفت که آهن، کاتد این سلول است.

ب) $\text{emf یا } E^\circ_{(\text{سلول})} = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) \Rightarrow 0/33 = -0/44 - E^\circ(\text{آند}) \Rightarrow E^\circ(\text{آند}) = -0/77\,V$

۴- با توجه به شکل سلول مقابل، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



آ) قطب منفی سلول را مشخص کنید.

$E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = +0/34V$

ب) جهت حرکت الکترون در مدار بیرونی را مشخص نمائید.

$E^\circ(Al^{3+}/Al) = -1/66\,V$

پ) نیروی الکتروموتوری سلول را محاسبه کنید.

ت) نیم‌واکنش آندی کدام‌یک از نیم‌واکنش‌های زیر است؟

☐ $Al(s) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^-$

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

پاسخ آ) از آن‌جا که E° فلز آلومینیم از فلز مس کوچکتر است، بنابراین فلز آلومینیم نقش آند (قطب منفی) را در این سلول گالوانی دارد.

تذکر در یک سلول گالوانی، فلزی که E° کوچکتر (منفی‌تر) دارد، تیغهٔ آندی و فلزی که E° بزرگتر (مثبت‌تر) دارد، تیغهٔ کاتدی محسوب می‌شود.

ب) در سلول‌های گالوانی، جهت حرکت الکترون از آند به کاتد است. بنابراین در سلول بالا، جهت حرکت الکترون از تیغهٔ آلومینیم به تیغهٔ مس می‌باشد.

پ) برای محاسبهٔ emf می‌توان نوشت:

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = 0/34 - (-1/66) = 2V$$

ت) نیم‌واکنش آندی در این سلول به‌صورت $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ است.

۵- فلز آهن می‌تواند با محلول $Ni^{2+}(aq)$ و همچنین با محلول $Sn^{2+}(aq)$ واکنش دهد. اگر E° سلول «آهن ـ نیکل» برابر ۰/۱۶ V و E° سلول «آهن ـ قلع» برابر ۰/۲۷V باشد: (فلز آهن در هر دو سلول نقش آند دارد.) (نهایی ـ اردیبهشت ۸۵)

آ) $Ni^{2+}(aq)$ بهتر کاهیده می‌شود یا $Sn^{2+}(aq)$؟ چرا؟

ب) در واکنش فلز آهن با $Ni^{2+}(aq)$، اکسنده و کاهنده را تعیین کنید.

پاسخ آ) Sn^{2+}، زیرا آند در هر دو سلول فلز آهن است و چون E° سلول «آهن ـ قلع» بیشتر از E° سلول «آهن ـ نیکل» است؛ بنابراین E° قلع از نیکل بیشتر بوده و اکسندهٔ مناسب‌تری است. در نتیجه $Ni^{2+}(aq)$ بهتر کاهیده می‌شود.

ب) در سلول «آهن ـ نیکل»، Fe اکسایش می‌یابد و نقش کاهنده دارد و Ni^{2+} کاهش می‌یابد و نقش اکسنده دارد.

۶- با توجه به پتانسیل‌های کاهشی استاندارد آلومینیم و آهن، به سوالات داده شده پاسخ دهید:

$$E^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0/44V \quad ; \quad E^\circ(Al^{3+}/Al) = -1/66V$$

آ) در سلول گالوانی متشکل از آلومینیم و آهن، کدام الکترود آند و کدام الکترود کاتد است؟

ب) نیم واکنش‌های انجام شده را بنویسید و واکنش کلی سلول را به‌دست آورید.

پ) جرم تیغه‌ها چگونه تغییر می کند؟

ت) emf سلول گالوانی به‌دست آمده را محاسبه کنید.

پاسخ آ) درسلول‌های گالوانی، فلزی که E° کوچکتر (منفی‌تر) دارد، آند و فلزی که E° بزرگتر (مثبت‌تر) دارد، کاتد محسوب می‌شود. بنابراین الکترود آلومینیم و آهن به‌ترتیب آند و کاتد سلول هستند.

ب) نیم‌واکنش‌ها در سلول آلومینیم ـ آهن به‌صورت زیر هستند، فقط دقت کنید برای یکسان شدن ضریب e^- در هر دو نیم واکنش، نیم‌واکنش آندی و کاتدی را به‌ترتیب در ۲ و ۳ ضرب کردیم:

نیم‌واکنش آندی: $2Al(s) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 6e^-$

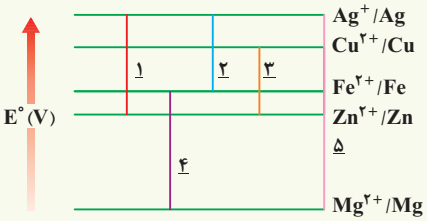
نیم‌واکنش کاتدی: $3Cu^{2+}(aq) + 6e^- \rightarrow 3Cu(s)$

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

پ) با انجام واکنش در سلول، از جرم تیغهٔ آندی کم شده و به جرم تیغهٔ کاتدی افزوده می‌شود.

ت) $emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = -0/44 - (-1/66) = +1/22V$

۷- در نمودار زیر هر خط رنگی نشان‌دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می‌دهد:



آ) emf هر سلول را به‌دست آورید (E° فلزهای Mg ، Zn ، Fe ، Cu و Ag به‌ترتیب برابر ۳۷/ ۲-، ۰/ ۷۶-، ۰/ ۴۴-، ۰/ ۳۴+ و ۰/ ۸۰+ ولت است).

ب) اگر چند نیم‌سلول در اختیار داشته باشید و بخواهید از آنها یک سلول گالوانی با بیشترین ولتاژ بسازید، از کدام نیم‌سلول‌ها استفاده می‌کنید؟ چرا؟

پاسخ آ) با استفاده از E° های داده‌شده می‌توان نوشت:

سلول گالوانی روی ـ نقره (۱): $emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = +0/8 - (-0/76) = 1/56V$

سلول گالوانی آهن ـ نقره (۲): $emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = +0/8 - (-0/44) = 1/24V$

۳) سلول گالوانی روی ـ مس : $emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = +۰/۳۴ - (-۰/۷۶) = ۱/۱۰V$

۴) سلول گالوانی منیزیم ـ آهن : $emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = -۰/۴۴ - (-۲/۳۷) = ۱/۹۳V$

۵) سلول گالوانی منیزیم ـ نقره : $emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = +۰/۸ - (-۲/۳۷) = ۳/۱۷V$

ب) هر چه اختلاف E° دو فلز در سلول گالوانی بیشتر باشد، پتانسیل سلول مورد نظر بیشتر خواهد بود. بنابراین سلول منیزیم ـ نقره (۵)، بیشترین ولتاژ ممکن را در میان موارد دیگر دارد.

پیش‌بینی انجام‌پذیری واکنش‌ها (مبحث ترکیبی)

صدای معلم *این مبحث به‌طور مستقیم در کتاب درسی مطرح نشده است، ولی با توجه به تمرین‌های دوره‌ای کتاب درسی و سوالات امتحان نهایی دو سال اخیر، عمدتاً به‌طور کامل این بخش رو بخون.*

ا با توجه به قدرت کاهندگی فلزها و قدرت اکسندگی کاتیون‌ها، می‌توانیم خودبه‌خودی بودن واکنش میان آن‌ها را پیش بینی کنیم. در تمام واکنش‌های اکسایش ـ کاهش خودبه‌خودی قاعدهٔ زیر برقرار است:

اکسندهٔ ضعیف‌تر + کاهندهٔ ضعیف‌تر ← کاهندهٔ قوی‌تر + اکسندهٔ قوی‌تر

بنابراین با داشتن سری الکتروشیمیایی که E° فلزها از پایین به بالا در حال بزرگ شدن است، می‌توان گفت که **واکنش میان گونهٔ راست و پایین‌تر با گونهٔ چپ و بالاتر، به‌طور طبیعی انجام شده و خودبه‌خودی است.**

مثال با توجه به جدول زیر، توضیح دهید کدام ظرف (مسی یا آهنی) برای نگهداری محلول هیدروکلریک اسید مناسب است؟

نیم‌واکنش کاهش	$E^\circ(V)$
$Cu^{۲+}(aq) + ۲e^- \rightarrow Cu(s)$	+۰/۳۴
$۲H^+(aq) + ۲e^- \rightarrow H_۲(g)$	۰
$Fe^{۲+}(aq) + ۲e^- \rightarrow Fe(s)$	−۰/۴۴

پاسخ با توجه به جدول، فلز راست و پایین (آهن) می‌تواند به کاتیون چپ بالاتر از خود (یعنی H^+)، الکترون‌دهی کند، در واقع واکنش زیر به‌طور طبیعی انجام می‌شود:

$$\begin{matrix} H^+ & \longrightarrow & H_۲ \\ & \text{خودبه‌خودی} \nearrow & \\ Fe^{۲+} & \longrightarrow & Fe \end{matrix} \Rightarrow Fe + ۲H^+ \longrightarrow Fe^{۲+} + H_۲$$

بنابراین ظرف آهنی، ظرف مناسبی برای نگهداری محلول‌های اسیدی نیست، زیرا اسید به راحتی می تواند با آن واکنش بدهد. از طرفی فلز مس، جایگاه بالاتری نسبت به $H_۲$ در سری الکتروشیمیایی دارد، بنابراین اتم‌های مس نمی‌توانند به یون‌های $H^+(aq)$ الکترون‌دهی کنند:

$$\begin{matrix} Cu^{۲+} & \longrightarrow & Cu \\ & \text{غیر خودبه‌خودی} \searrow & \\ H^+ & \longrightarrow & H_۲ \end{matrix} \Rightarrow Cu + H^+ \longrightarrow \text{انجام ناپذیر است}$$

در نتیجه ظرف مسی برای نگهداری محلول HCl مناسب است.

نمونهٔ امتحانی

۱- با توجه به جدول مقابل به پرسش‌ها پاسخ دهید.

نیم‌واکنش کاهش	E° (V)
$A^+(aq)+e^-\rightarrow A(s)$	+۱/۳۳
$B^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow B(s)$	+۰/۸۷
$C^{3+}(aq)+e^-\rightarrow C^{2+}(aq)$	−۰/۱۲
$D^{3+}(aq)+3e^-\rightarrow D(s)$	−۱/۵۹

آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین اکسنده است؟

ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین کاهنده است؟

پ) کدام گونه(ها) می‌توانند C^{2+} را اکسید کنند؟

ت) آیا واکنش زیر به‌طور طبیعی انجام می‌شود؟ توضیح دهید.

$$3B(s)+3D^{3+}(aq)\rightarrow 2D(s)+3B^{2+}(aq)$$

پاسخ در سری الکتروشیمیایی که E° از پایین به بالا در حال بزرگ شدن است می‌توان گفت که **گونهٔ سمت راست و پایین، قوی‌ترین کاهنده و گونهٔ سمت چپ و بالا، قوی‌ترین اکسنده محسوب می‌شود.**

آ) $A^+(aq)$ قوی‌ترین اکسنده و $D^{3+}(aq)$ ضعیف‌ترین اکسنده به شمار می‌رود.

ب) $D(s)$ قوی‌ترین کاهنده و $A(s)$ ضعیف‌ترین کاهنده است.

پ) واکنش میان کاتیون راست و پایین‌تر جدول (مثل C^{2+}) با گونه‌های بالاتر و چپ (مانند A^+ و B^{2+}) خودبه‌خودی است. بنابراین A^+ و B^{2+} می‌توانند $C^{2+}(aq)$ را اکسید کنند.

ت) خیر، زیرا قدرت کاهندگی B کم‌تر از D است، بنابراین اتم B نمی‌تواند به یون‌های D^{3+}، الکترون‌دهی کند.

۲- با توجه به واکنش‌های زیر که به‌طور طبیعی انجام می‌شوند، گونه‌های کاهنده و گونه‌های اکسنده را برحسب کاهش قدرت مرتب کنید.

آ) $2Cr^{2+}(aq)+Sn^{2+}(aq)\rightarrow 2Cr^{3+}(aq)+Sn(s)$

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

پ) $Fe(s)+2Cr^{3+}(aq)\rightarrow Fe^{2+}(aq)+2Cr^{2+}(aq)$

پاسخ در یک واکنش اکسایش ـ کاهش خودبه‌خودی می‌توان نوشت:

اکسندهٔ ضعیف‌تر + کاهندهٔ ضعیف‌تر ← کاهندهٔ قوی‌تر + اکسندهٔ قوی‌تر

از آن‌جا که واکنش‌های داده‌شده، به‌طور طبیعی انجام می‌شوند، می‌توان نوشت:

آ) $2Cr^{2+}(aq)+Sn^{2+}(aq)\longrightarrow 2Cr^{3+}(aq)+Sn(s)$

(+۲ → +۳: ۱ درجه اکسایش، کاهنده؛ +۲ → ۰: ۲ درجه کاهش، اکسنده)

قدرت اکسندگی: $Sn^{2+}>Cr^{3+}$ ؛ قدرت کاهندگی: $Cr^{2+}>Sn$

ب) $Fe(s)+Sn^{2+}(aq)\longrightarrow Fe^{2+}(aq)+Sn(s)$

(۰ → +۲: ۲ درجه اکسایش، کاهنده؛ +۲ → ۰: ۲ درجه کاهش، اکسنده)

قدرت اکسندگی: $Sn^{2+}>Fe^{2+}$ ؛ قدرت کاهندگی: $Fe>Sn$

پ) $Fe(s) + ۲Cr^{۳+}(aq) \longrightarrow Fe^{۲+}(aq) + ۲Cr^{۲+}(aq)$

۲ درجه اکسایش، کاهنده (۰ → +۲)

۱ درجه کاهش، اکسنده (+۳ → +۲)

قدرت اکسندگی : $Cr^{۳+} > Fe^{۲+}$ ؛ قدرت کاهندگی : $Fe > Cr^{۲+}$

بنابراین در مجموع می‌توان گفت:

قدرت کاهندگی : $Fe > Cr^{۲+} > Sn$

قدرت اکسندگی : $Fe^{۲+} < Cr^{۳+} < Sn^{۲+}$

نکته امتحانی هر فلزی که کاهندهٔ قوی‌تری باشد، یون حاصل از آن اکسندهٔ ضعیف‌تری است و برعکس.

باتری‌های لیتیمی

(صفحهٔ ۴۹ و ۵۰ کتاب درسی)

۱ روزانه از وسایل مختلفی مانند تلفن همراه استفاده می‌کنیم که انرژی الکتریکی آن‌ها با استفاده از باتری تأمین می‌شود. باتری‌هایی که در شکل، اندازه و کارایی با یکدیگر تفاوت آشکاری دارند، اما در همهٔ آن‌ها با انجام شدن نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی، جریان الکتریکی در مدار بیرونی برقرار می‌شود.

۲ در فناوری ساخت باتری‌های جدید، فلز لیتیم $({}^{۷}_{۳}Li)$ نقش بسیار پررنگی دارد، زیرا:

- لیتیم در میان فلزها، **کم‌ترین چگالی** را دارد، به همین دلیل باتری‌های لیتیمی نسبت به باتری‌های دیگر سبک‌تر و کوچک‌تر هستند.
- لیتیم در میان فلزها، **کم‌ترین** E° (منفی‌ترین) را دارد، در واقع لیتیم قوی‌ترین کاهنده در جدول E° عناصر است، به همین دلیل توانایی ذخیرهٔ انرژی باتری‌های لیتیمی نسبت به باتری‌های دیگر، بیشتر است.

۳ از لیتیم در ساخت باتری‌های دگمه‌ای استفاده می‌شود. از باتری‌های دگمه‌ای در ساعت مچی استفاده می‌شود و قابل شارژ نیستند. برخی دیگر از باتری‌های لیتیمی در تلفن و رایانهٔ همراه به کار می‌روند و می‌توان آن‌ها را بارها شارژ کرد.

نکته امتحانی باتری‌های روی ـ نقره از جمله باتری‌های دگمه‌ای هستند که در آن‌ها واکنش زیر انجام می‌شود:

واکنش اصلی باتری روی ـ نقره : $Zn(s) + Ag_۲O(s) \longrightarrow ZnO(s) + ۲Ag(s)$

۱ درجه کاهش (اکسنده) (+۱ → ۰)

۱ درجه اکسایش (کاهنده) (۰ → +۲)

عدد اکسایش روی از صفر به ۲+ رسیده و اکسایش یافته است، بنابراین کاهنده بوده و به گونهٔ دیگر الکترون می‌دهد. از طرفی عدد اکسایش نقره از ۱+ به صفر رسیده و کاهش یافته است، بنابراین اکسنده بوده و از گونهٔ دیگر الکترون می‌گیرد.

۴ سالانه میلیاردها تن باتری لیتیمی درون دستگاه‌های الکترونیک در سرتاسر جهان استفاده می‌شود و سرانجام این دستگاه‌ها به همراه باتری‌های درون خود به شکل پسماند دور ریخته می‌شوند. به ۲ دلیل زیر، این پسماندها باید بازیافت شوند:

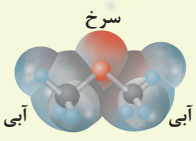
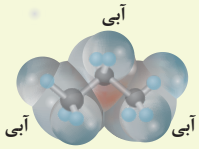
- این پسماندها به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون، سمی هستند و نباید در طبیعت رها یا دفن شوند، زیرا محیط‌زیست را آلوده می‌کنند.
- برخی از این پسماندها به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از مواد و فلزهای ارزشمند و گران‌قیمت، منبعی برای بازیافت این مواد هستند.

سلول‌های سوختی

(صفحهٔ ۵۰ تا ۵۲ کتاب درسی)

۱ سوخت‌های فسیلی رایج‌ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها به شمار می‌روند. از این رو استخراج و مصرف بی‌رویهٔ این سوخت‌ها سبب شده تا از ذخایر آن‌ها به سرعت کاسته شود.

سوالات امتحان نهایی درس: شیمی ۳	رشته: ریاضی و فیزیک ـ علوم تجربی	نوبت: شهریور ماه ۱۴۰۰
پایهٔ دوازدهم، دورهٔ دوم متوسطه	تاریخ امتحان: ۱۴۰۰/۰۶/۱۷	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه

ردیف	سؤالات	نمره
۱	با استفاده از واژه‌های درون کادر، عبارت‌های زیر را کامل کنید. ظرفیت ـ ذره‌های ریز ماده ـ یونی ـ پارازایلن ـ پلاتین ـ مولکولی ـ درونی ـ مولکول‌ها و یون‌ها ـ ضعیف ـ اتیلن گلیکول ـ قوی ـ روی آ) ذره‌های سازندهٔ مخلوط‌های سوسپانسیون، ..... است. ب) یکی از مونومرهای سازندهٔ پلی اتیلن ترفتالات، ..... است. پ) بازها با ثابت یونش کوچک، الکترولیت ..... به‌شمار می‌روند. ت) هنگام جراحی از فلز ..... می‌توان در بخش‌های مختلف بدن استفاده کرد. ث) در شبکهٔ بلوری جامدهای فلزی، الکترون‌های ..... دریای الکترونی را می‌سازند. ج) ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع هستند، جزو ترکیب‌های ..... به‌شمار می‌روند.	۱/۵
۲	درستی یا نادرستی هر یک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید. شکل درست عبارت‌های نادرست را بنویسید. آ) کوارتز از جمله نمونه‌های ناخالص سیلیس است. ب) جسمی که آبکاری می‌شود به قطب مثبت باتری اتصال دارد. پ) گروه‌های عاملی مختلف، گسترهٔ معین و منحصر به فردی از پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کنند. ت) در شرایط یکسان دما و غلظت هر چه ثابت یونش یک اسید بیشتر باشد pH محلول آن اسید بیشتر است.	۱/۷۵
۳	نقشه‌های پتانسیل الکترواستاتیکی پروپان و دی متیل اتر با جرم مولی نزدیک به هم به‌صورت مقابل است. با توجه به آن‌ها به پرسش‌ها پاسخ دهید. آ) کدام‌یک در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند؟ چرا؟ ب) کدام‌یک از این دو مادهٔ گازی شکل، آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود؟ توضیح دهید.  دی‌متیل اتر  پروپان	۱/۲۵
۴	آنتالپی فروپاشی شبکه بلور $NaCl(s)$ و $KBr(s)$ به‌ترتیب ۷۸۷ و ۶۸۹ کیلوژول بر مول است. کدام‌یک از اعداد «۷۱۷، ۶۴۹، ۱۰۳۷» را می‌توان به آنتالپی فروپاشی شبکه بلور $KCl(s)$ نسبت داد؟ چرا؟	۱
۵	با توجه به جدول مقابل به پرسش‌ها پاسخ دهید. آ) کدام پاک‌کننده(ها) صابون مایع هستند؟ ب) کدام پاک‌کننده(ها) افزون‌بر، برهم‌کنش میان ذره‌ها با آلاینده‌ها واکنش می‌دهند؟ چرا؟ پ) تعیین کنید کدام پاک‌کننده (C یا D) در آب سخت خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کند؟ چرا؟ ت) تعیین کنید بخش $(C_{12}H_{25}-C_6H_4)$ در پاک‌کنندهٔ (C)، آب‌دوست است یا آب‌گریز؟ چرا?	۱/۷۵

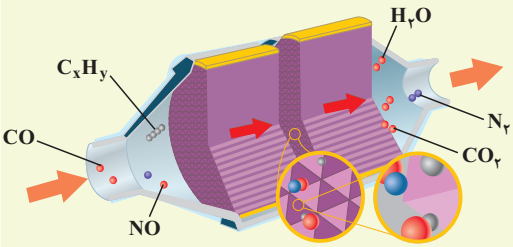
نام پاک‌کننده	فرمول ساختاری پاک‌کننده
A	$NaOH$
B	$C_{17}H_{35}-COO^-K^+$
C	$C_{12}H_{25}-C_6H_4-SO_3^-Na^+$
D	$C_{17}H_{35}-COO^-Na^+$

۶ pH در نمونه‌ای از محلول خاک یک زمین کشاورزی برابر ۶ است. ۱/۵

آ) تعیین کنید برای کاهش میزان اسیدی بودن این خاک، بهتر است محلول کدام ماده (CaO یا N_2O_5) را به آن اضافه کنیم؟ دلیل بنویسید.

ب) غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را در این محلول محاسبه کنید.

۷ با توجه به شکل زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید. ۱



آ) تعیین کنید این شکل مربوط به مبدل کاتالیستی در چه نوع خودروهای (بنزینی یا دیزلی) است؟

ب) معادلهٔ شیمیایی حذف هیدروکربن‌های نسوخته توسط این قطعه را بنویسید؟ (موازنه واکنش الزامی نیست)

پ) چرا با وجود این قطعه در گازهای خروجی از اگزوز خودروها به هنگام گرم شدن و روشن شدن خودرو به‌ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای بیشتری مشاهده می‌شود؟

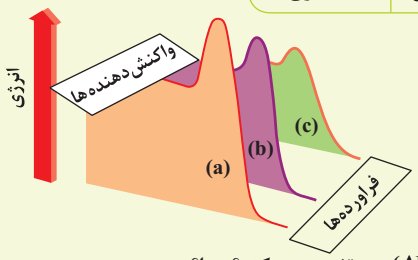
۸ عدد اکسایش اتم نشان‌دار شده با ستاره را محاسبه کنید. ۱

آ) $\overset{*}{C}lO_4^-$

ب) $H-\overset{*}{C}(H)=C(H)-H$

۹ جدول زیر واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن را در شرایط گوناگون و دمای $25^\circ C$ نشان می‌دهد، با توجه به آن پاسخ دهید. ۱/۷۵

آزمایش	شرایط آزمایش	سرعت واکنش
۱	بدون حضور کاتالیزگر	ناچیز
۲	ایجاد جرقه	انفجاری
۳	در حضور پودر روی	سریع
۴	در حضور توری پلاتین	انفجاری



آ) نقش پودر روی در این واکنش چیست؟

ب) نقش جرقه در انجام واکنش (۲) چیست؟

پ) هر یک از نمودارهای (b) و (c) را به کدام‌یک از آزمایش‌های (۳) یا (۴) می‌توان نسبت داد؟

ت) با استفاده از توری پلاتینی در آزمایش (۴) آنتالپی واکنش (ΔH) چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

۱۰ با توجه به جدول مقابل، پاسخ دهید. ۱

نیم واکنش کاهش	E° (V)
$2H^+(aq)+2e^- \rightarrow H_2(g)$	۰/۰۰
$Al^{3+}(aq)+3e^- \rightarrow Al(s)$	−۱/۶۶
$Mn^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Mn(s)$	−۱/۱۸
$Cu^{2+}(aq)+2e^- \rightarrow Cu(s)$	+۰/۳۴

آ) کدام گونه قوی‌ترین کاهنده است؟ چرا؟

ب) آیا محلول هیدروکلریک اسید را می‌توان در ظرفی از جنس فلز مس نگهداری کرد؟ چرا؟

۱۱) اگر در محلول ۰/۶ مولار فورمیک اسید ($HCOOH$)، غلظت یون هیدرونیوم برابر با $1/83 \times 10^{-2}$ مول بر لیتر باشد. — ۱

آ) معادلهٔ یونش فرمیک اسید را بنویسید.

ب) درصد یونش آن را حساب کنید.

۱۲) دلیل هر یک از عبارت‌های زیر را بنویسید. — ۱/۵

آ) از حلبی برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌کنند.

ب) گرافیت موجود در مغز مداد بر روی کاغذ اثر به جا می‌گذارد.

پ) سلول سوختی نوعی سلول گالوانی است.

۱۳) با توجه به واکنش‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید. — ۱/۵

۱) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad \Delta H < 0$

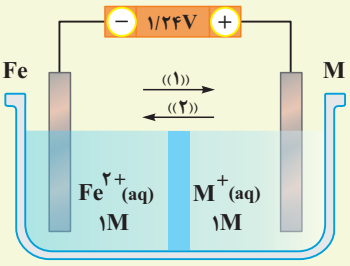
۲) $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H > 0$

آ) با کاهش دما مقدار فرآورده در واکنش (۱) چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

ب) با افزایش دما در واکنش (۲)، ثابت تعادل (K) چه تغییری می‌کند؟

پ) در دمای ثابت افزایش فشار سامانهٔ تعادلی (۲) را، در چه جهتی جابجا می‌کند؟ چرا؟

۱۴) شکل زیر، ولتاژ ولت‌سنج را در سلول گالوانی نشان داده با توجه به آن، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. — ۱/۵



آ) در این سلول کدام فلز (Fe یا M) نقش کاتد را ایفا می‌کند؟

ب) با انجام واکنش جرم کدام تیغه (Fe یا M) کاهش می‌یابد؟

پ) کدام مورد «۱» یا «۲» جهت حرکت آنیون‌ها را نشان می‌دهد؟

ت) کدام ذره (Fe^{2+} یا M^{+}) اکسنده‌تر است؟

ث) اگر پتانسیل کاهشی استاندارد Fe^{2+} / Fe برابر $-0/44V$ باشد، پتانسیل کاهشی استاندارد M^{+} / M را محاسبه کنید.

۱۵) برای تولید ۱۶۸ میلی‌لیتر گاز کربن دی اکسید (CO_2) در شرایط STP، چند میلی‌لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۰/۰۵ مولار باید با مقدار کافی از سدیم هیدروژن کربنات واکنش دهد؟ — ۱

$NaHCO_3(aq) + HCl(aq) \rightarrow CO_2(g) + NaCl(aq) + H_2O(l)$

«موفق باشید» — جمع نمره ۲۰

راهنمای جدول تناوبی عنصرها
۶ ← عدد اتمی
C
۱۲/۰۱ ← جرم اتمی میانگین

۱ H ۱/۰۰۸																	۲ He ۴/۰۰۳
۳ Li ۶/۹۴۱	۴ Be ۹/۰۱۲											۵ B ۱۰/۸۱	۶ C ۱۲/۰۱	۷ N ۱۴/۰۱	۸ O ۱۶/۰۰	۹ F ۱۹/۰۰	۱۰ Ne ۲۰/۱۸
۱۱ Na ۲۲/۹۹	۱۲ Mg ۲۴/۳۱											۱۳ Al ۲۶/۹۸	۱۴ Si ۲۸/۰۹	۱۵ P ۳۰/۹۷	۱۶ S ۳۲/۰۷	۱۷ Cl ۳۵/۴۵	۱۸ Ar ۳۹/۹۵
۱۹ K ۳۹/۱۰	۲۰ Ca ۴۰/۰۸	۲۱ Sc ۴۴/۹۶	۲۲ Ti ۴۷/۸۷	۲۳ V ۵۰/۹۴	۲۴ Cr ۵۲/۰۰	۲۵ Mn ۵۴/۹۴	۲۶ Fe ۵۵/۸۵	۲۷ Co ۵۸/۹۳	۲۸ Ni ۵۸/۶۹	۲۹ Cu ۶۳/۵۵	۳۰ Zn ۶۵/۳۹	۳۱ Ga ۶۹/۷۲	۳۲ Ge ۷۲/۶۴	۳۳ As ۷۴/۹۲	۳۴ Se ۷۸/۹۶	۳۵ Br ۷۹/۹۰	۳۶ Kr ۸۳/۸۰

پاسخ‌های تشریحی

ردیف		نمره
۱	آ) ذره‌های ریز ماده (۰/۲۵) ب) اتیلن گلیکول (۰/۲۵) پ) ضعیف (۰/۲۵) ت) پلاتین (۰/۲۵) ث) ظرفیت (۰/۲۵) ج) مولکولی (۰/۲۵)	۱/۵
۲	آ) نادرست (۰/۲۵) ـ کوارتز از جمله نمونه‌های خالص سیلیس است. (۰/۲۵) ب) نادرست (۰/۲۵) ـ جسمی که آبکاری می‌شود به قطب منفی باتری اتصال دارد. (۰/۲۵) پ) درست (۰/۲۵) ت) نادرست (۰/۲۵) ـ در شرایط یکسان دما و غلظت هر چه ثابت یونش یک اسید بیشتر باشد، pH محلول آن اسید کمتر است. (۰/۲۵)	۱/۷۵
۳	آ) پروپان (۰/۲۵) ـ زیرا توزیع بار الکتریکی آن یکنواخت است. (۰/۲۵) ب) دی متیل اتر (۰/۲۵) ـ زیرا قطبی است (۰/۲۵) پس نیروی جاذبه قوی‌تری بین مولکول‌های آن برقرار می‌شود و آسان‌تر مایع می‌شود. (۰/۲۵)	۱/۲۵
۴	۷۱۷ (۰/۲۵) ـ چگالی بار K^+ کمتر از Na^+ است (۰/۲۵) و Br^- نیز چگالی بار کم‌تری نسبت به Cl^- دارد (۰/۲۵) پس آنتالپی فروپاشی $KCl(s)$ کمتر از $NaCl(s)$ و بیشتر از $KBr(s)$ است. (۰/۲۵)	۱
۵	آ) پاک‌کننده B (۰/۲۵) ب) پاک‌کننده A (۰/۲۵) ـ زیرا یک پاک‌کنندهٔ خورنده است. (۰/۲۵) پ) پاک‌کننده C (۰/۲۵) ـ زیرا پاک‌کنندهٔ غیر صابونی است و با یون‌های موجود در این آب‌ها رسوب نمی‌دهد (۰/۲۵) ت) آب گریز (۰/۲۵) ـ زیرا ناقطبی است. (۰/۲۵)	۱/۷۵
۶	آ) CaO (۰/۲۵) ـ زیرا اکسیدهای فلزی در آب خاصیت بازی داشته و تولید یون هیدروکسید می‌کنند (۰/۲۵) ب) $[H^+]=10^{-pH} \xrightarrow{pH=6} [H^+]=10^{-6}\ mol.L^{-1}$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) $[H^+][OH^-]=10^{-14} \Rightarrow [OH^-]=\frac{10^{-14}}{10^{-6}}$ (۰/۲۵) $=10^{-8}\ mol.L^{-1}$ (۰/۲۵)	۱/۵
۷	آ) خودروهای بنزینی (۰/۲۵) ب) $C_xH_y(g)+O_2(g) \rightarrow CO_2(g)+H_2O(g)$ (۰/۲۵) (۰/۲۵) پ) زیرا هر کاتالیزگر در گسترهٔ دمایی مناسب و معینی واکنش را به بهترین شکل سرعت می‌بخشد. (۰/۲۵)	۱
۸	آ) $Cl+4\times(-2)=-1 \Rightarrow Cl=+7$ (۰/۵) ب) $C: 4-6=-2$ (۰/۵)	۱
۹	آ) کاتالیزگر (۰/۲۵) ب) تامین انرژی فعال‌سازی واکنش (۰/۲۵) پ) نمودار (b): در حضور پودر روی (۰/۲۵) نمودار (c): در حضور توری پلاتینی (۰/۲۵) ت) ثابت می‌ماند (۰/۲۵) با استفاده از کاتالیزگر سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها تغییر نمی‌کند پس آنتالپی واکنش ثابت می‌ماند. (۰/۵)	۱/۷۵
۱۰	آ) Al (۰/۲۵) ـ چون E° منفی‌تری دارد. (۰/۲۵) ب) بله (۰/۲۵) ـ زیرا E° هیدروژن کمتر از مس است و نمی‌تواند از آن الکترون بگیرد. (۰/۲۵)	۱

۱۱ ۱

آ)

$$\underbrace{HCOOH(aq)}_{(۰/۲۵)} \rightarrow \underbrace{H^+(aq) + HCOO^-(aq)}_{(۰/۲۵)}$$

ب)

$$\text{درصد یونش} = \frac{\text{غلظت مولی اسید یونیده}}{\text{غلظت مولی اسید حل شده}} \times ۱۰۰$$

$$= \frac{۰/۰۱۸۳}{۰/۶} \times ۱۰۰ = ٪۳/۰۵ \quad (۰/۵)$$

۱۲ ۱/۵

آ) زیرا قلع با مواد غذایی واکنش نمی‌دهد. (۰/۵)

ب) گرافیت ساختار لایه‌ای دارد (۰/۲۵) و بین لایه‌ها نیروهای ضعیف واندروالس وجود دارد که می‌تواند روی کاغذ اثر به جا بگذارد. (۰/۲۵)

پ) زیرا در سلول سوختی انجام یک واکنش اکسایش ـ کاهش منجر به تولید انرژی الکتریکی می‌شود. (۰/۵)

۱۳ ۱/۵

آ) افزایش می‌یابد (۰/۲۵) ـ با توجه به این‌که این واکنش گرماده است، کاهش دما تعادل را به سمتی می‌برد تا طبق اصل لوشاتلیه اثر دما جبران شده و گرما تولید شود (۰/۲۵) یعنی واکنش رفت پیشرفت کرده و مقدار فرآورده‌ها افزایش پیدا می‌کند. (۰/۲۵)

ب) افزایش می‌یابد. (۰/۲۵)

پ) جهت چپ (۰/۲۵) ـ زیرا افزایش فشار بر سامانه تعادلی سبب می‌شود که تعادل در جهت تولید تعداد مول‌های گازی کمتر جابه‌جا شود. (۰/۲۵)

۱۴ ۱/۵

آ) M (۰/۲۵) ب) Fe (۰/۲۵)

پ) ۲ (۰/۲۵) ت) M^+ (۰/۲۵)

ث)

$$\underbrace{E^\circ_{\text{سلول}} = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \rightarrow ۱/۲۴ = E^\circ_{\text{کاتد}} - (-۰/۴۴)}_{(۰/۲۵)}$$

$$\rightarrow E^\circ_a = ۰/۸V \quad (۰/۲۵)$$

۱۵ ۱

$$\underbrace{۱۶۸mLCO_۲ \times \frac{۱molCO_۲}{۲۲/۴LCO_۲}}_{(۰/۲۵)} \times \underbrace{\frac{۱molHCl}{۱molCO_۲}}_{(۰/۲۵)} \times \underbrace{\frac{۱LHCl}{۰/۰۵molHCl}}_{(۰/۲۵)} = \underbrace{۱۵۰mL\,HCl}_{(۰/۲۵)}$$

جمع نمره ۲۰

«خسته نباشید.»