مقدمهٔ مؤلفان

سلام و درود!

بالأخره انتظارها به پایان رسید و کتابمون پس از چند ماه کار شبانه‌روزی، به ثمر نشست! امید آن‌که این کتاب همچو نغمه‌ای باشد خرّم، که شما عزیزان بسپاریدش به یاد!

کتاب ما این جوریه! هر فصل کتاب درسی رو به چندین بخش کوچک‌تر! تقسیم کردیم؛ تا یادگیری مطالب براتون راحت‌تر و لذت‌بخش‌تر بشه! هر جا دیدیم روش‌های معمول، سخت و بغرنجِ، یک ترفند براتون رو کردیم. در برخی جاها هم که درسنامه طولانی شده، به کمک یه کادر جمع‌بندی، مطالب رو به لقمه‌های کوچک آمادهٔ خوردن (یادگیری) تبدیل کردیم.

در قسمت سؤال‌های امتحانی با طرح کلی پرسش مفهومی ریز و درشت، همهٔ زوایای آشکار و پنهان کتاب درسی را بررسی کردیم. ولی فقط به این سؤالات اکتفا نکردیم؛ ۲تا آزمون نیم‌سال اول و ۴تا آزمون نیم‌سال دوم هم، براتون گذاشتیم. آخر هر فصل هم یک آزمون جامع داریم که با تکنولوژی QR Code می‌توانید از آن‌ها استفاده کنید. مطمئن باشید که با حل‌کردن سؤال‌های امتحانی انتهای هر فصل و گذشتن از خوان آزمون‌ها، از پس هر آزمون تشریحی بر خواهید آمد.

در آخر، از همهٔ همکاران و دبیران محترم شیمی تقاضا داریم که مثل همیشه، ما را از پیشنهادها و انتقادهای سازنده‌شان، محروم نکنند تا بتوانیم سهم کوچکی در کمک به شما عزیزان خستگی‌ناپذیر داشته باشیم.

با تشکر

از دکترها کمیل نصری و کوروش اسلامی، آقایان مهدی هاشمی و احمد علی‌نژاد و خانم زهرا جالینوس که برای به ثمر نشستن این کتاب، هر کاری از دستشون بر میومد، انجام دادند.

از دکتر نیما سپهری عزیز که تجربهٔ همکاری‌های گذشته با ایشان، در این کتاب بسیار به کارمان آمد.

از آقایان دانیال مهرعلی، یاسر عبدالهی، نعمت اسکوئیان، مهدی حیدریان، عرفان وکیلی، سجاد سیف‌الهی، سید علی حسین‌زاده و میلاد عزیزی و خانم‌ها مرحوم نازنین سداد، تارا مدرس‌پناه و مرضیه قاسمی که در ویراستاری کتاب کمک کردند.

از همهٔ همکاران زحمتکش و همیشه همراه واحد تولید که با تلاش شبانه‌روزیشون این کتاب سروشکل گرفت!

و در آخر از بقیهٔ دوستان خیلی‌سبز، که در روزهای سخت و پرتلاش تألیف، در کنارمان بودند.

حسین ایروانی ـ زهرا خردمند

شهریورماه ۱۴۰۱

فهرست

فصل اول: مولکول‌ها در خدمت تندرستی

درس ۱: مقدمه	۷
درس ۲: جنگ چربی و صابون	۱۲
درس ۳: در جست‌وجوی پاک‌کننده‌های جدید	۲۱
درس ۴: اسیدها و بازها	۲۵
درس ۵: میزان اسیدی‌بودن محلول‌ها (قدرت اسیدی)	۳۱
درس ۶: ثابت تعادل و قدرت اسیدی	۳۸
درس ۷: pH	۴۶
درس ۸: pH در اسیدهای قوی و اسیدهای ضعیف	۵۴
درس ۹: بازها	۵۸
پاسخ‌نامهٔ سؤال‌های امتحانی	۶۶

فصل دوم: آسایش و رفاه در سایهٔ شیمی

درس ۱: آشنایی با مفاهیم الکتروشیمی و	۷۸
درس ۲: موازنهٔ واکنش‌های اکسایش و کاهش	۸۴
درس ۳: رقابت‌های فلزها	۸۶
درس ۴: سلول گالوانی	۸۹
درس ۵: نیروی الکتروموتوری	۹۳
درس ۶: باتری‌ها و سلول‌های سوختی	۱۰۱
درس ۷: عدد اکسایش	۱۰۷
درس ۸: سلول‌های الکترولیتی و برقکافت	۱۱۲
درس ۹: خوردگی و راه‌های محافظت از آن	۱۱۷
درس ۱۰: آشنایی با سه سلول الکتروشیمیایی دیگر ...	۱۲۲
پاسخ‌نامهٔ سؤال‌های امتحانی	۱۲۷

فصل سوم: شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

درس ۱: مقدمه و درصد جرمی	۱۳۷
درس ۲: جامدهای کووالانسی (بخش اول)	۱۴۰
درس ۳: جامدهای کووالانسی (بخش دوم)	۱۴۳
درس ۴: جامدهای مولکولی	۱۴۶
درس ۵: رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها	۱۴۸
درس ۶: هنرنمایی شاره‌های مولکولی و یونی برای ...	۱۵۳
درس ۷: جامدهای یونی (بخش اول)	۱۵۵
درس ۸: جامدهای یونی (بخش دوم)	۱۵۹
درس ۹: جامدهای فلزی	۱۶۴
پاسخ‌نامهٔ سؤال‌های امتحانی	۱۷۰

فصل چهارم: شیمی راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر

درس ۱: شناخت فناوری‌های مرتبط با شیمی	۱۷۶
درس ۲: انرژی فعال‌سازی در واکنش‌های شیمیایی	۱۸۰
درس ۳: مبدل‌های کاتالیستی	۱۸۶
درس ۴: ثابت تعادل	۱۸۹
درس ۵: اصل لوشاتلیه و اثر تغییر غلظت بر تعادل	۱۹۵
درس ۶: بررسی اثر تغییر دما بر تعادل	۱۹۸
درس ۷: بررسی اثر تغییر حجم و فشار بر تعادل	۲۰۰
درس ۸: نگاه ویژه به تلاش‌های هابر	۲۰۳
درس ۹: سنتز مولکول‌های آلی (بخش اول)	۲۰۵
درس ۱۰: سنتز مولکول‌های آلی (بخش دوم)	۲۰۹
پاسخ‌نامهٔ سؤال‌های امتحانی	۲۱۶

	شمارهٔ صفحهٔ امتحان	شمارهٔ صفحهٔ پاسخ
نمونه امتحان نیم‌سال اول: امتحان شمارهٔ ۱	۲۲۴	۲۲۶
نمونه امتحان نیم‌سال اول: امتحان شمارهٔ ۲	۲۲۸	۲۳۰
نمونه امتحان نیم‌سال دوم: امتحان شمارهٔ ۳ (نهایی خرداد ۱۴۰۱)	۲۳۲	۲۳۵
نمونه امتحان نیم‌سال دوم: امتحان شمارهٔ ۴ (نهایی خرداد ۱۴۰۰)	۲۳۶	۲۳۹
نمونه امتحان نیم‌سال دوم: امتحان شمارهٔ ۵ (نهایی شهریور ۱۴۰۰)	۲۴۰	۲۴۳
نمونه امتحان نیم‌سال دوم: امتحان شمارهٔ ۶ (نهایی دی ۱۴۰۰)	۲۴۴	۲۴۷

در این فصل یاد می‌گیریم انسان‌ها چگونه ۱ با الهام از طبیعت و ۲ شناخت مولکول‌ها و ۳ رفتار آن‌ها، راهی برای زدودن آلودگی‌ها پیدا کردند؛ آن‌ها با شناخت و استفاده از مواد شوینده، آلودگی‌ها را راحت‌تر از بین بردند. در این فصل قراره با شوینده‌ها هم آشنا بشیم و خواهیم دید که این مواد براساس خواص اسیدی و بازی عمل می‌کنند؛ سپس در نیمهٔ دوم فصل، روی رفتار اسیدها و بازها زوم می‌کنیم تا روش تهیه و استفادهٔ بهینه از شوینده‌ها را بهتر درک کنیم.

۱ مقدمه

مقدمه‌ای بر پاکیزگی

از سالیان دور، پاکیزگی و بهداشت همواره در زندگی انسان‌ها اهمیت بالایی داشته است: ۱ اسکان انسان‌ها در کنار رودخانه‌ها به منظور دسترسی به آب، ۲ استفادهٔ مردم شهر باستانی بابل از موادی شبیه به صابون امروزی برای نظافت و پاکیزگی و ۳ آغشته‌کردن ظروف چرب به خاکستر[۱] و سپس شست‌وشوی آن با آب گرم توسط نیاکانمان به اهمیت این موضوع اشاره دارد.

با وجود این پیشینهٔ طولانی، در گذشته سطح بهداشت فردی و همگانی **به دلیل عدم دسترسی، کمبود یا استفاده‌نکردن از مواد شوینده**، بسیار پایین بوده است؛ تا جایی که بیماری‌های واگیردار گوناگون مانند وبا، به راحتی در جهان گسترش می‌یافت[۲].

وبا
- یک بیماری واگیردار است که به دلیل آلوده‌شدن آب و نبود بهداشت شایع می‌شود.
- در طول تاریخ بارها در جهان همه‌گیر شد و جان میلیون‌ها انسان را گرفت.
- هنوز هم می‌تواند برای هر جامعه تهدیدکننده باشد.
- ساده‌ترین و مؤثرترین راه پیشگیری این بیماری، رعایت بهداشت فردی و همگانی است.

خوشبختانه! با گذشت زمان، **استفاده از صابون** و **توجه به نظافت و بهداشت** در جوامع *با اقبال بیشتری روبه‌رو شد!* و بنابراین میکروب‌ها، آلودگی‌ها و عوامل بیماری‌زا در محیط‌های فردی و همگانی **کاهش** یافتند و سطح بهداشت جامعه **افزایش** یافت. با افزایش سطح تندرستی و بهداشت فردی و همگانی، «شاخص[۳] امید به زندگی» نیز در جهان **افزایش** یافته است.

۱- خاکستر (به دلیل وجود ترکیب‌های فلزی) خاصیت بازی دارد. *همان‌طور که جلوتر می‌خونیم!* بازها در واکنش با چربی‌ها تشکیل صابون می‌دهند؛ در نتیجه ظرف چرب آغشته‌شده به خاکستر به راحتی با آب گرم شسته می‌شود: صابون ← چربی + خاکستر

۲- در حال حاضر هم شاهد بودیم که گسترش بیماری کرونا، ارتباط مستقیم داشت به میزان رعایت مقررات و پروتکل‌های بهداشتی!

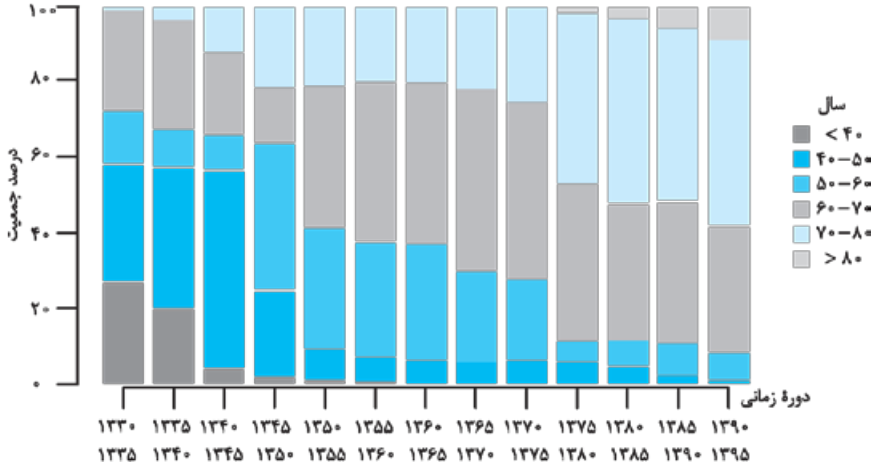
۳- کلمهٔ شاخص به معنای نشان‌دهنده است. شاخص ابزاری برای اندازه‌گیری و مقایسهٔ پدیده‌هایی است که دارای ماهیت مشخصی هستند و براساس آن می‌توان تغییرات ایجادشده در متغیرهای معینی را در طول یک دوره بررسی نمود.

استفاده از صابون ← میکروب‌ها و آلودگی‌ها و عوامل بیماری‌زا ← سطح بهداشت جامعه ← شاخص امید به زندگی

حالا این شاخص امید به زندگی یعنی چه؟

شاخص امید به زندگی: این شاخص نشان می‌دهد که با توجه به خطراتی که انسان‌ها در طول زندگی با آن مواجه هستند، به طور میانگین چند سال در این جهان زندگی می‌کنند. پیشگیری و درمان بیماری‌ها نقش مهمی در افزایش شاخص امید به زندگی دارد.

نمودار توزیع جمعیت جهان براساس امید به زندگی آن‌ها در دوره‌های زمانی گوناگون:



نکات نمودار

۱ با گذشت زمان، امید به زندگی در سطح جهان افزایش یافته است. برای درک بهتر این موضوع، بیایید درصد جمعیت را برای گسترهٔ سنی ۴۰ تا ۵۰ سال، در سه دورهٔ زمانی مختلف بررسی کنیم[1]:

دورهٔ زمانی	۱۳۳۰ ـ ۱۳۳۵	۱۳۶۵ ـ ۱۳۷۰	۱۳۹۰ ـ ۱۳۹۵
درصد جمعیت	۳۵	۵	۱

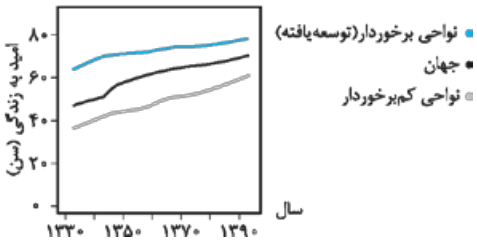
با گذشت زمان، درصدی از جمعیت که امید به زندگی آن‌ها در گسترهٔ ۴۰ تا ۵۰ سال بوده، کاهش چشمگیری داشته است. اما به دلیل افزایش درصدی از جمعیت که امید به زندگی بالاتر از ۵۰ سال دارند؛ می‌توان گفت که با گذشت زمان، درصدی از جمعیت جهان که شاخص امید به زندگی بالاتری دارند، افزایش یافته است.

۲ امروزه امید به زندگی برای بیشتر مردم دنیا در حدود ۸۰ ـ ۷۰ سال است.

۳ امروزه حدود ۹۰ درصد جمعیت جهان بین ۶۰ تا ۸۰ سال عمر می‌کنند.

امید به زندگی، علاوه بر سلامت و بهداشت به عوامل مختلف دیگری هم بستگی دارد؛ در نتیجه این شاخص **در کشورهای گوناگون** و **حتی در شهرهای یک کشور** نیز متفاوت است.

نمودار مقایسهٔ امید به زندگی برای مناطق برخوردار و کم‌برخوردار با میانگین جهانی:



نکات نمودار

۱ امید به زندگی در مناطق توسعه‌یافته (برخوردار)، بیشتر از مناطق کم‌تر توسعه‌یافته (کم‌برخوردار) است.

۲ با گذشت زمان، شاخص امید به زندگی در مناطق برخوردار و مناطق کم‌برخوردار و در نتیجه میانگین جهانی آن افزایش پیدا کرده است.

مقایسهٔ شاخص امید به زندگی در یک سال معین:

مناطق توسعه‌یافته و برخوردار > میانگین جهانی > مناطق کم‌تر توسعه‌یافته و کم‌برخوردار

رشد شاخص امید به زندگی در یک بازهٔ زمانی معین (شیب نمودار):

مناطق کم‌تر توسعه‌یافته و کم‌برخوردار > میانگین جهانی > مناطق توسعه‌یافته و برخوردار

۱- «خود را بیازمایید» صفحهٔ ۲ کتاب درسی

پاکیزگی محیط با مولکول‌ها

خب تا این‌جا یاد گرفتیم که سلامت و بهداشت اهمیت زیادی در شاخص امید به زندگی دارد و *بر همگان واضح و مبرهن است* که برای حفظ سلامتی و بهداشت، پاک‌کننده‌ها و شوینده‌ها خیلی مهم هستند. حالا می‌خواهیم وارد بخش‌های شیمیایی پاک‌کننده‌ها بشیم؛ یعنی به کمک علم شیمی می‌خواهیم:

۱- چگونگی عملکرد شوینده‌ها و پاک‌کننده‌هایی مانند صابون، شامپو و پودر لباسشویی را درک کنیم.

۲- شوینده‌هایی بسازیم که آسیب کم‌تری به محیط زیست وارد می‌کنند.

۳- روش درست استفاده‌کردن از شوینده‌ها را در راستای افزایش سطح بهداشت فردی و همگانی بیاموزیم.

اما قبل از هر کاری باید با چند مفهوم آشنا شویم.

آلاینده‌ها

تعریف آلاینده‌ها موادی هستند که بیش از مقدار طبیعی در یک محیط، نمونهٔ ماده یا یک جسم وجود دارند؛ **مثلاً**: گل‌ولای آب، گرد و غبار هوا، لکه‌های چربی و مواد غذایی روی لباس‌ها و پوست بدن.

حالا برای این‌که ببینیم چه‌طوری می‌شه از شر انواع لکه‌ها بر روی دست‌ها و لباس‌ها و ... (یعنی در واقع آلاینده‌ها) خلاص شد! باید ساختار و رفتار ذره‌های سازندهٔ آلاینده‌ها و هم‌چنین مواد شوینده و نیروهای بین مولکولی آن‌ها را بشناسیم.

انواع مواد

انواع مواد

- قطبی: مواد قطبی (مانند H_2O، HCl و ...) از مولکول‌های قطبی تشکیل شده‌اند که گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر داشته و در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند.
- ناقطبی: مواد ناقطبی (مانند CH_4، C_6H_{14} و ...) از مولکول‌های ناقطبی تشکیل شده‌اند که گشتاور دوقطبی برابر با صفر (یا تقریباً صفر) داشته و در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند.
- یونی: در ساختار این مواد یون‌های مثبت (کاتیون) و منفی (آنیون) وجود دارد؛ مانند نمک خوراکی.

حلال‌ها

تصور کنید هنگام خوردن عسل، مقداری از آن روی دستتان ریخته است، برای از بین بردن لکهٔ عسل (آلاینده) دستتان را با آب (حلال) می‌شویید.

یعنی حل‌کردن آلاینده‌ها یک راه خوب برای از بین بردن آن‌ها است اما خب حل‌کردن همیشه هم به همین راحتی نیست؛ مثلاً وقتی دستمان روغنی می‌شود، آب دیگر حلال مناسبی برای از بین بردن آلایندهٔ روغن نیست.

در شیمی دهم یاد گرفتیم که کدام مواد *می‌تونن* با هم محلول بسازند (در هم حل شوند). اگر **جاذبه‌های بین مولکولی** در دو ماده‌ای که با هم مخلوط می‌کنیم، شبیه هم باشند، یعنی هر دو قوی یا هر دو ضعیف باشند دو ماده با هم یک محلول تشکیل می‌دهند (مثل آب و عسل)؛ اما اگر **جاذبه‌های بین مولکولی** دو ماده با هم متفاوت *باشه!* دو ماده در هم حل نمی‌شوند (مثل آب و روغن). *به بیان دیگه*، اگر ذره‌های سازندهٔ حل‌شونده با مولکول‌های حلال جاذبهٔ قوی برقرار کنند، حل‌شونده در حلال حل می‌شود، در غیر این صورت ذره‌های حل‌شونده، کنار هم *باقی مونده* و در حلال پخش نمی‌شوند.

بریم که تشخیص بدیم کدام حلال برای کدامین آلاینده مناسب است.

انواع حلال‌ها: حلال‌ها را می‌توان به دو دستهٔ قطبی و ناقطبی تقسیم کرد:

۱- حلال‌های قطبی: این دسته از حلال‌ها از مولکول‌های قطبی تشکیل شده‌اند. سه حلال قطبی مهم که در کتاب درسی به آن‌ها اشاره شده عبارت‌اند از: **آب** (H_2O)، **اتانول** (CH_3CH_2OH) و **استون** (CH_3COCH_3).

۲- حلال‌های ناقطبی: این دسته از حلال‌ها از مولکول‌های ناقطبی تشکیل شده‌اند. **هگزان** (C_6H_{14}) را به عنوان یک حلال ناقطبی مهم به خاطر بسپارید.

تقسیم‌بندی مواد برحسب حل‌شدن در حلال‌های قطبی و ناقطبی

فرایند انحلال مواد در یکدیگر: از شیمی دهم به یاد داریم که اگر جاذبه‌های بین حلال ـ حل‌شونده بزرگ‌تر یا مساوی میانگین جاذبه‌های بین مولکول‌های حلال به تنهایی و حل‌شونده به تنهایی باشند، انحلال صورت می‌گیرد.

قطبیت و انحلال مواد

۱- مواد قطبی در حلال‌های قطبی حل می‌شوند.

۲- مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی حل می‌شوند.

۳- اغلب مواد یونی (نمک‌ها) در حلال‌های قطبی حل می‌شوند ولی در حلال‌های ناقطبی نامحلول‌اند.

۴- موادی که دارای هر دو بخش قطبی و ناقطبی هستند و در ادامه به طور ویژه به توضیح آن‌ها می‌پردازیم.

توجه برخی از ترکیب‌های یونی مانند $AgCl$، $BaSO_4$ و ... در آب نامحلول هستند. *به همین خاطر گفتیم* اغلب ترکیب‌های یونی در حلال‌های قطبی حل می‌شوند *نه همشون!*

نکته

در تمرین‌های دوره‌ای فصل می‌خوانیم که: رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی‌بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاکی با خاصیت اسیدی به رنگ آبی و در خاکی با خاصیت بازی به رنگ قرمز درمی‌آید. (برعکس کاغذ pH)

اسید و باز آرنیوس

شواهد و مدارک بسیاری در تاریخ علم سراغ داریم که نشان می‌دهند پیش از آن‌که ساختار اسیدها و بازها شناخته شوند، شیمی‌دان‌ها علاوه بر ویژگی‌های اسیدها و بازها، با برخی از واکنش‌های آن‌ها نیز آشنایی داشتند. *اما صرف آشنایی که کافی نیست!* شیمی‌دان‌ها برای توجیه رفتار اسیدها و بازها، به یک مبنای علمی نیاز داشتند. *زمان گذشت و گذشت تا* شیمی‌دان سوئدی سوانت آرنیوس، برای نخستین بار توانست اسیدها و بازها را بر یک مبنای علمی توصیف کند. آرنیوس که بر روی رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی کار می‌کرد، با استفاده از یافته‌های تجربی که جمع‌آوری کرده بود، نشان داد که محلول اسیدها و بازها رسانای برق هستند، اما میزان رسانایی آن‌ها با یکدیگر یکسان نیست.[1]

مدل آرنیوس: براساس مدل آرنیوس، مواد و ترکیب‌هایی که با حل‌شدن در آب، غلظت یون‌های $H^+(aq)$ $[H^+]$ را افزایش می‌دهند، اسیدند و مواد و ترکیب‌هایی که با حل‌شدن در آب، غلظت یون‌های $OH^-(aq)$ $[OH^-]$ را افزایش می‌دهند، باز هستند؛ بنابراین رفتار اسید و باز آرنیوس را می‌توان براساس غلظت یون‌های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ موجود در محلول آن‌ها توصیف کرد.

توجه: با انحلال اسیدها و بازها در آب، مقدار یون‌های موجود در آب، افزایش می‌یابد.

هر چه $[H^+]$ در محلولی بیشتر باشد، آن محلول اسیدی‌تر و هر چه $[OH^-]$ در محلولی بیشتر باشد، آن محلول بازی‌تر خواهد بود. بر این اساس اگر در یک سامانه غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با هم برابر باشد، آن سامانه حالت خنثی دارد.

همان‌طور که دیدیم رفتار اسید و باز آرنیوس را می‌توان براساس غلظت یون‌های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ توصیف کرد، اما نمی‌توان دربارهٔ میزان اسیدی یا بازی بودن یک محلول اظهار نظر کرد؛ زیرا مدل آرنیوس اطلاعاتی دربارهٔ غلظت یون هیدرونیوم در محلول‌ها در اختیار ما نمی‌گذارد.

اسیدهای آرنیوس بر طبق مدل آرنیوس، برای این‌که ماده‌ای اسید باشد، باید دو شرط زیر را داشته باشد:

۱) در آب حل شود.

۲) غلظت یون هیدرونیوم $(H^+(aq))$ را در آب افزایش دهد.

دو مثال از اسیدهای آرنیوس را ببینیم:

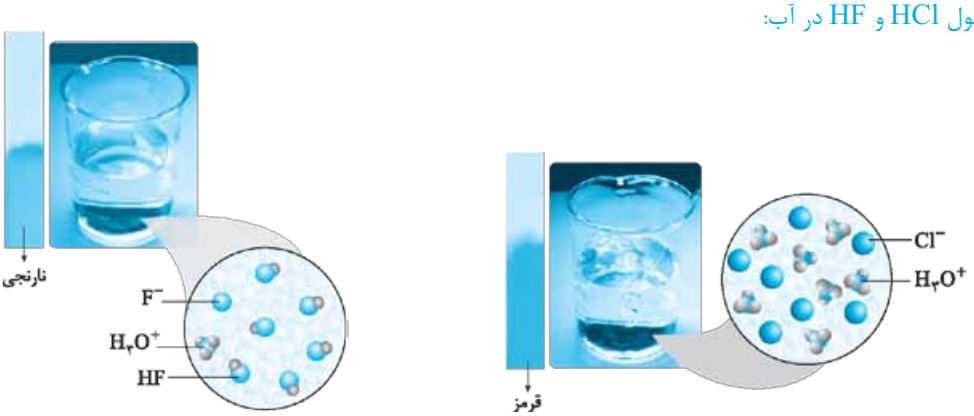
هیدروهالیدها: ترکیبات هیدروژن‌دار هالوژن‌ها با فرمول کلی HX هستند که در آب حل شده و غلظت یون $H^+(aq)$ را در آب افزایش می‌دهند، بنابراین اسید آرنیوس به شمار می‌روند. برای مثال گازهای هیدروژن فلوئورید و هیدروژن کلرید هر دو در آب حل شده و مطابق واکنش‌های زیر غلظت یون $H^+(aq)$ را در آب افزایش می‌دهند:

$$HF(g) \rightleftharpoons H^+(aq) + F^-(aq)$$

$$HCl(g) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

توجه: مطابق شکل‌های زیر، رنگ کاغذ pH در محلول‌هایی با دما و غلظت یکسان از دو هیدروهالید HF و HCl به ترتیب نارنجی و قرمز است. بنابراین می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که در شرایط یکسان **خصلت اسیدی HCl بیشتر از HF** است. به عبارت دیگر HCl اسید قوی‌تری از HF است.

نمای ذره‌ای محلول HCl و HF در آب:



اکسیدهای نافلزی: بر اثر حل‌شدن اکسیدهای نافلزی مانند کربن دی‌اکسید (CO_2)، گوگرد تری‌اکسید (SO_3) و دی‌نیتروژن پنتااکسید (N_2O_5) در آب، غلظت یون هیدرونیوم افزایش پیدا می‌کند. در واقع این اکسیدهای نافلزی که به **اکسیدهای اسیدی** معروف‌اند، **اسید آرنیوس** هستند.

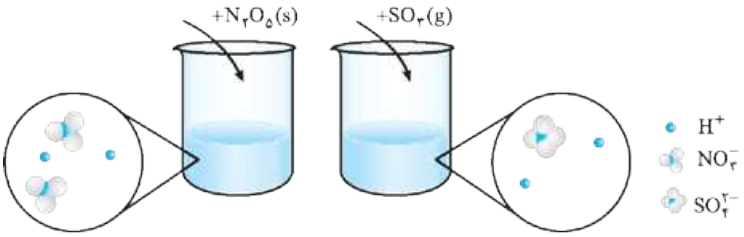
۱- جلوتر می‌بینیم که میزان رسانایی یک محلول اسیدی یا بازی، با قدرت اسیدی یا بازی آن محلول، چه رابطه‌ای دارد.

$$\underbrace{CO_2}_{\text{اسید آرنیوس}}(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2CO_3(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$$

$$\underbrace{SO_3}_{\text{اسید آرنیوس}}(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

$$\underbrace{N_2O_5}_{\text{اسید آرنیوس}}(g) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + 2NO_3^-(aq)$$

نمای ذره‌ای محلول N_2O_5 و SO_3 در آب:



بازهای آرنیوس بر طبق مدل آرنیوس، برای این‌که ماده‌ای باز باشد، باید دو شرط زیر را داشته باشد:

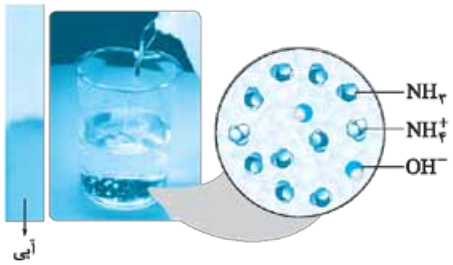
۱ در آب حل شود. ۲ غلظت یون هیدروکسید (OH^-) را در آب افزایش دهد.

سه مثال از بازهای آرنیوس را ببینیم:

آمونیاک: آمونیاک به دلیل تشکیل پیوندهای هیدروژنی در آب به طور عمده به شکل مولکولی حل می‌شود و می‌توان برای آن فرمول $NH_4OH(aq)$ را در نظر گرفت. $NH_4OH(aq)$ در آب OH^- آزاد می‌کند، بنابراین آمونیاک باز آرنیوس است:

$$NH_4OH(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

نمای ذره‌ای محلول NH_3 در آب:



هیدروکسید فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی:

$$NaOH(aq) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$Ba(OH)_2(aq) \rightarrow Ba^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

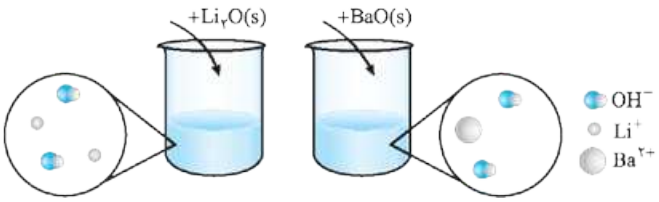
توجه: رنگ کاغذ pH در محلول‌هایی **با دما و غلظت یکسان** از سدیم هیدروکسید و آمونیاک، به ترتیب بنفش و آبی است. بنابراین می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که در شرایط یکسان، خصلت بازی $NaOH$ بیشتر از NH_3 است. به عبارت دیگر، $NaOH$ باز قوی‌تری از NH_3 است.

اکسیدهای فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی: بر اثر حل‌شدن اکسیدهای فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی (اکسید فلزهای گروه‌های اول و دوم جدول دوره‌ای عنصرها) در آب، غلظت یون هیدروکسید افزایش پیدا می‌کند؛ در نتیجه این اکسیدهای فلزی که به اکسیدهای بازی معروف‌اند، باز آرنیوس هستند.

$$\underbrace{Li_2O}_{\text{باز آرنیوس}} + H_2O(l) \rightarrow 2LiOH(aq) \rightarrow 2Li^+(aq) + 2OH^-(aq)$$

$$\underbrace{BaO}_{\text{باز آرنیوس}} + H_2O(l) \rightarrow Ba(OH)_2(aq) \rightarrow Ba^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

نمای ذره‌ای و BaO در آب:



اسیدهای قوی و ضعیف مهم کتاب درسی را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد: [1]

	تک‌پروتون‌دار	دوپروتون‌دار
اسید قوی	هیدروکلریک اسید (HCl)، هیدروبرمیک اسید (HBr)، هیدرویدیک اسید (HI) نیتریک اسید (HNO_3)	سولفوریک اسید (H_2SO_4)
اسید ضعیف	کربوکسیلیک اسیدها مانند: فورمیک اسید ($HCOOH$)، استیک اسید (CH_3COOH)، بنزوئیک اسید (C_6H_5COOH) نیترو اسید (HNO_2) و هیدروسیانیک اسید (HCN) و هیدروفلوئوریک اسید (HF)	ترفتالیک اسید[2] ($C_8H_6O_4$) کربنیک اسید (H_2CO_3)

نکته

در میان هیدروهالیک اسیدها، تنها هیدروفلوئوریک اسید ($HF(aq)$) یک اسید ضعیف به شمار می‌رود و تنها مولکول‌های این اسید، توانایی برقراری پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب را دارند.

کارگاه حل مسئله

تیپ اول: محاسبهٔ درجهٔ یونش به کمک شمار مولکول‌های یونیده‌شده همان‌طور که دیدیم، اسیدهای مختلف در آب به میزان متفاوتی یونش می‌یابند. برای مقایسهٔ میزان یونیده‌شدن اسیدها از درجهٔ یونش (α) استفاده می‌کنیم. درجهٔ یونش (α)، نسبت شمار مولکول‌های یونیده‌شده به شمار کل مولکول‌های حل‌شده در آب است:

$$\text{درجهٔ یونش } (\alpha) = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده‌شده}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل‌شده}}$$

نکته

در منابع علمی معتبر، گاهی به جای درجهٔ یونش از درصد یونش استفاده می‌کنند که به صورت زیر به دست می‌آید:

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

مثال **اگر در محلول هیدروفلوئوریک اسید، از هر هزار مولکول حل‌شده در دمای اتاق، تنها ۲۴ مولکول یونیده شود، درجهٔ یونش و درصد یونش هیدروفلوئوریک اسید را حساب کنید.**

پاسخ با توجه به شمار کل مولکول‌های حل‌شده و شمار مولکول‌های یونیده‌شده، می‌توانیم بنویسیم:

$$\text{درجهٔ یونش} = \frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده‌شده}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل‌شده}} = \frac{24}{1000} = 0/024$$

$$\text{درصد یونش} = \text{درجهٔ یونش} \times 100 = 0/024 \times 100 = \%2/4$$

با در نظر گرفتن مقدار درصد یونش می‌توان گفت که ۲/۴٪ انحلال HF در آب، به صورت یونی و ۹۷/۶٪ انحلال، به صورت مولکولی انجام شده است.

تیپ دوم: محاسبهٔ درصد یا درجهٔ یونش با استفاده از غلظت مولی گونه‌ها اسید ضعیف HA را در نظر بگیرید، اگر ۶ مول HA در ۱ لیتر از محلول آن وجود داشته باشد مقدار مول یا غلظت دیگر گونه‌های موجود در واکنش به صورت زیر است:

معادلهٔ یونش:	HA	$\rightleftharpoons$	H^+ +	A^-
مول اولیه:	۶		۰	۰
تغییر مول (مقدار یونیده‌شده):	$-x$		x	x
مول نهایی:	$6-x$		x	x

در رابطهٔ درجهٔ یونش می‌توان به جای شمار مولکول‌ها، شمار مول‌ها یا غلظت مولی گونه‌ها را قرار داد.

$$\text{درجهٔ یونش اسید } (\alpha) = \frac{\text{غلظت مولی اسید یونیده‌شده}}{\text{غلظت مولی اسید حل‌شده}}$$

۱- در بخش ...، قدرت اسیدی این اسیدها را با توجه به مقدار ثابت تعادل آن‌ها با هم مقایسه خواهیم کرد.

۲- با این اسید، در فصل چهارم کتاب درسی آشنا خواهیم شد.

برای اسیدهای تک‌پروتون‌دار، غلظت مولی اسید یونیده‌شده با غلظت مولی یون هیدرونیوم برابر است. پس رابطهٔ بالا را می‌توانیم برای اسید HA به صورت زیر هم بنویسیم:

$$\text{درجهٔ یونش اسید } (\alpha) = \frac{\text{غلظت مولی یون هیدرونیوم}}{\text{غلظت مولی اسید حل‌شده}} = \frac{\text{غلظت مولی یون هیدرونیوم}}{\text{غلظت مولی اسید یونیده‌شده + غلظت مولی اسید یونیده‌نشده}} = \frac{[H^+]}{[HA]+[H^+]}$$

توجه رابطهٔ درصد یونش را می‌توانیم به صورت مقابل بنویسیم:

$$\%\alpha = \frac{\text{غلظت مولی یون هیدرونیوم}}{\text{غلظت مولی اسید حل‌شده}} \times 100$$

مثال **اگر در محلول استیک اسید (CH_3COOH) ۰/۱ مولار، غلظت یون هیدرونیوم برابر با $1/35\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$ باشد، درصد یونش آن را حساب کنید.**

پاسخ

$$\%\alpha = \frac{\text{غلظت مولی } H^+ \text{ یا } A^- \text{ تولیدشده}}{\text{غلظت مولی اولیهٔ اسید}} \times 100 = \frac{1/35\times10^{-3}\ mol.L^{-1}}{10^{-1}\ mol.L^{-1}} \times 100 = \%1/35$$

تیپ سوم: محاسبهٔ غلظت یون هیدرونیوم با استفاده از درجهٔ یونش در اسیدهای تک‌پروتون‌دار

با توجه به معادلهٔ یونش اسیدهای تک‌پروتون‌دار:

$$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$$

همان‌طور که دیدیم در این اسیدها شمار مول‌های یونیده‌شدهٔ HA با شمار هر یک از مول‌های H^+ و A^- برابر است.

بنابراین درجهٔ یونش را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\text{درجهٔ یونش} = \frac{\text{غلظت مولی هر یک از یون‌های حاصل}}{\text{غلظت مولی اولیهٔ اسید}}$$

اگر غلظت مولی اسید تک‌پروتون‌دار HA را با M نشان دهیم:

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

$$\Rightarrow [H^+] = M \times \alpha$$

توجه رابطهٔ بالا هم برای اسیدهای قوی $(\alpha = 1)$ و هم برای اسیدهای ضعیف $(\alpha < 1)$ کاربرد دارد، اما فقط برای اسیدهای تک‌پروتون‌دار.

مثال **غلظت یون هیدرونیوم در محلول ۰/۴ مولار هیدروسیانیک اسید (HCN) با درصد یونش ٪۲/۵ حساب کنید.**

پاسخ درجهٔ یونش این اسید تک‌پروتون‌دار برابر با $\frac{2/5}{100} = 0/025$ بوده و داریم:

$$[H^+] = M \times \alpha = 0/4 \times 0/025 = 0/01\ mol.L^{-1}$$

بد نیست بدانید که برای اسیدهایی با چند پروتون اسیدی، غلظت یون هیدرونیوم به صورت روبه‌رو محاسبه می‌شود: $[H^+] = n \times M \times \alpha$

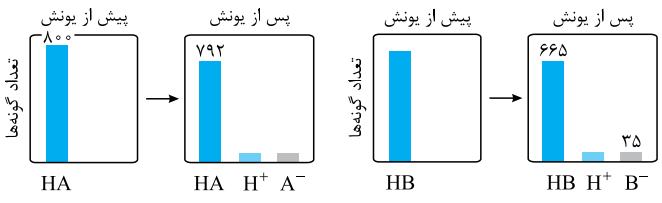
که در آن، n تعداد پروتون اسیدی است. برای مثال مقدار n برای سولفوریک اسید (H_2SO_4) برابر با ۲ است.

تیپ چهارم: محاسبهٔ درجهٔ یونش با استفاده از نمودارهای ستونی

این تیپ در واقع صورت دیگری از تیپ اول است، که در آن شمار مولکول‌های یونیده‌شده را به کمک نمودارهای ستونی به ما می‌دهند و مقدار درجهٔ یونش را می‌پرسند. کافی است رابطهٔ زیر را به خاطر داشته باشید:

تعداد یون‌های هیدرونیوم + تعداد مولکول‌های اسید پس از یونش = تعداد مولکول‌های اسید پیش از یونش

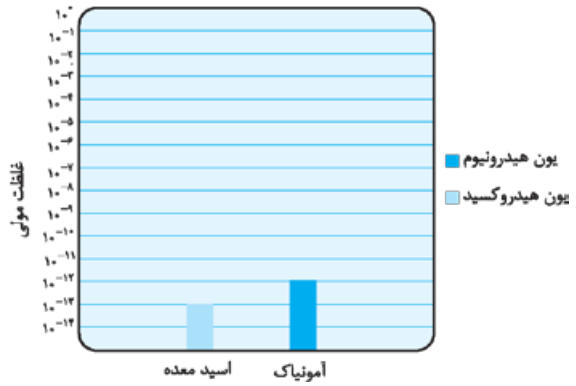
مثال **با توجه به نمودار داده‌شده، نسبت درجهٔ یونش اسید HB به اسید HA را حساب کنید.**



پاسخ نسبت مورد نظر برابر است با:

$$\frac{\text{درجهٔ یونش HB}}{\text{درجهٔ یونش HA}} = \frac{\frac{35}{665+35}}{\frac{800-792}{800}} = \frac{\frac{35}{700}}{\frac{8}{800}} = \frac{0/05}{0/01} = 5$$

مثال با توجه به نمودار مقابل، نسبت $[H^+]$ به $[OH^-]$ را برای دو محلول اسید معده و آمونیاک حساب کنید.



پاسخ

اسید معده: $\frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{\frac{10^{-14}}{[OH^-]}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{[OH^-]^2}$

$= \frac{10^{-14}}{(10^{-13})^2} = \frac{10^{-14}}{10^{-26}} = 10^{26-14} = 10^{12}$

آمونیاک: $\frac{[H^+]}{[OH^-]} = \frac{[H^+]}{\frac{10^{-14}}{[H^+]}} = \frac{[H^+]^2}{10^{-14}} = \frac{(10^{-12})^2}{10^{-14}} = \frac{10^{-24}}{10^{-14}} = 10^{-24+14} = 10^{-10}$

نکته

محلول گاز CO_2 در آب را اصطلاحاً «آب گازدار» می‌گویند که خاصیت اسیدی دارد.

سؤال‌های امتحانی

۱۰۲- درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کرده و سپس شکل درست عبارت‌های نادرست را بنویسید.

الف) رنگی که کاغذ pH درون یک محلول به خود می‌گیرد، نشان‌دهندهٔ pH تقریبی آن محلول است.

ب) pH برای محلول‌های آبی در دمای اتاق با اعدادی در گسترهٔ ۱ تا ۱۴ بیان می‌شود.

پ) کاغذ pH در محلول‌های خنثی تغییر رنگ نمی‌دهد.

ت) غلظت یون هیدروکسید در روده از غلظت این یون در دهان بیشتر است.

ث) گل ادریسی در محیطی با pH = ۸ به رنگ آبی درمی‌آید.

۱۰۳- برای هر یک از موارد زیر دلیل مناسب بنویسید.

الف) آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد.

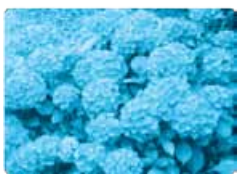
ب) در دمای اتاق هر اندازه غلظت یکی از یون‌های هیدرونیوم یا هیدروکسید در محلول‌های آبی بیشتر شود، به همان نسبت از دیگری کاسته خواهد شد.

پ) نسبت یون هیدرونیوم به یون هیدروکسید در آب گازدار، بیشتر از این نسبت در محلول آبی آمونیاک است.

۱۰۴- جدول زیر را کامل کنید.

شمارهٔ محلول	خاصیت محلول	pH	$[H^+]$
۱	.....	۲/۱۵	.....
۲	.....	.....	$۳/۶\times۱۰^{-۴}$
۳	.....	۱۱/۴	.....
۴	.....	صفر	.....

۱۰۵- رنگ گل ادریسی به میزان اسیدی‌بودن خاک بستگی دارد. این گل در خاکی که غلظت یون هیدرونیوم آن ۲×۱۰^{-۵} mol.L$^{-۱}$ است به رنگ آبی اما در خاک دیگری که غلظت یون هیدرونیوم ۴×۱۰^{-۹} mol.L$^{-۱}$ است به رنگ سرخ شکوفا می‌شود. pH این دو نوع خاک را حساب کنید.



۱۰۶- اگر در محلول ۰/۰۰۵ مولار استیک اسید (CH_3COOH) غلظت یون هیدرونیوم برابر با 3×10^{-4} مول بر لیتر باشد. *(نهایی شهریور ۹۹)*

الف) pH این محلول را محاسبه نمایید. ($\log 3 = 0/47$)

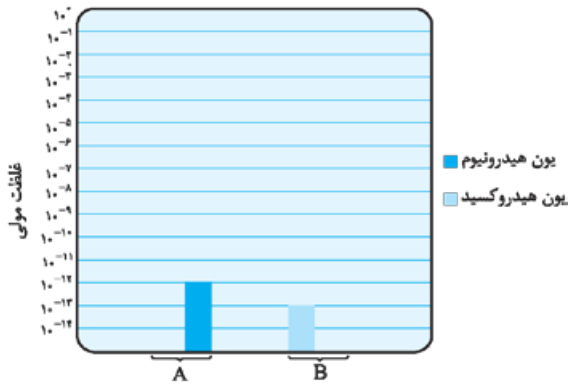
ب) معادلهٔ یونش استیک اسید را بنویسید.

پ) درصد یونش را در این محلول به دست آورید.

۱۰۷- pH در نمونه‌ای از محلول خاک یک زمین کشاورزی برابر ۶ است. تعیین کنید برای کاهش میزان اسیدی‌بودن این خاک، بهتر است محلول کدام ماده (CaO یا N_2O_5) را به آن اضافه کنیم؟ دلیل بنویسید. *(نهایی شهریور ۱۴۰۰)*

۱۰۸- غلظت یون هیدرونیوم در محلولی با $pH = 2/5$، چند برابر غلظت این یون در محلولی با $pH = 3/7$ است؟

۱۰۹- با توجه به نمودار، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

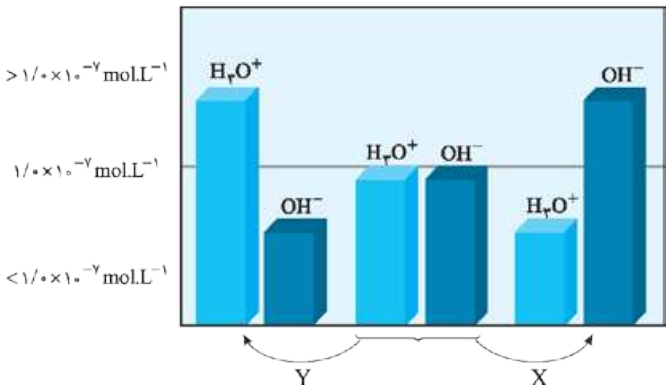


الف) غلظت یون هیدرونیوم را در محلول B محاسبه کنید.

ب) غلظت یون هیدروکسید را در محلول A محاسبه کنید.

پ) رنگ کاغذ pH را در هر یک از محلول‌های A و B مشخص کنید.

۱۱۰- شکل مقابل تغییر غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را هنگام افزودن هر یک از مواد X و Y به آب خالص نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. *(نهایی شهریور ۹۸)*



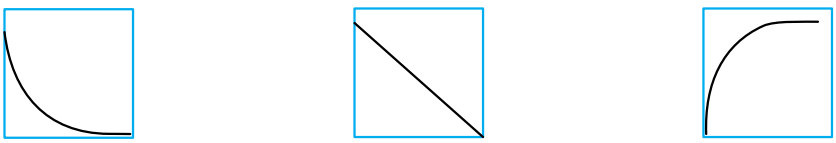
الف) مادهٔ «X»، خاصیت اسیدی دارد یا بازی؟ چرا؟

ب) کدام‌یک از مواد زیر می‌تواند مادهٔ «Y» باشد؟

$NH_3(aq)$ ـ $HCl(aq)$ ـ $KCl(aq)$

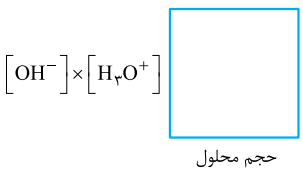
پ) غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را در محلول بازی مقایسه کنید.

ت) کدام‌یک از نمودارهای (۱ تا ۳) تغییرات $[H_3O^+]$ را برحسب $[OH^-]$ نشان می‌دهد؟

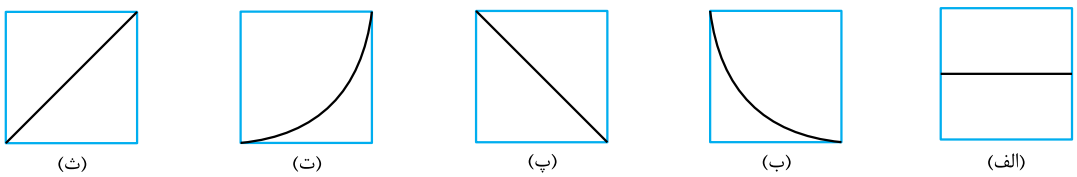


(۱) (۲) (۳)

۱۱۱- دانش‌آموزی برای نشان‌دادن ارتباط بین حاصل‌ضرب غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با حجم محلول، شکل‌های (الف) تا (ث) را پیشنهاد داده است.



کدام‌یک از این شکل‌ها ارتباط بین کمیت‌های داده‌شده را به درستی نشان می‌دهد؟



(الف) (ب) (پ) (ت) (ث)

۱۱۲- در نمونه‌ای از آب انار، غلظت یون هیدرونیوم 2×10^{-4} مول بر لیتر است. *(نهایی دی ۹۹)*

الف) pH این محلول را محاسبه کنید.

ب) غلظت یون هیدروکسید را در این نمونه محاسبه کنید.

پ) خاصیت این محلول را تعیین کنید. (اسیدی، بازی، خنثی)

۱۲۵- اگر غلظت تعادلی اسید تک‌پروتون‌دار (HA) برابر ۰/۰۱ مولار و ثابت تعادل آن $۴/۹\times۱۰^{-۵}$ باشد، غلظت یون هیدرونیوم را در این محلول به دست آورید. $HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$ *(نهایی دی ۱۴۰۰)*

۱۲۶- pH در نمونه‌ای از محلول خاک یک زمین کشاورزی برابر ۶ است. غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید را در این محلول محاسبه کنید. *(نهایی شهریور ۱۴۰۰)*

۸ pH در اسیدهای قوی و اسیدهای ضعیف

اسیدهای قوی مانند هیدروکلریک اسید (HCl) در آب به طور کامل یونیده می‌شوند؛ بنابراین غلظت یون هیدرونیوم (H^+) در محلول آن‌ها با غلظت اولیهٔ اسید برابر است. برای مثال اگر غلظت اولیهٔ HCl برابر با M مول بر لیتر باشد، داریم:

$$[H^+] = [HCl]_{\text{اولیه}} = M \Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log M$$

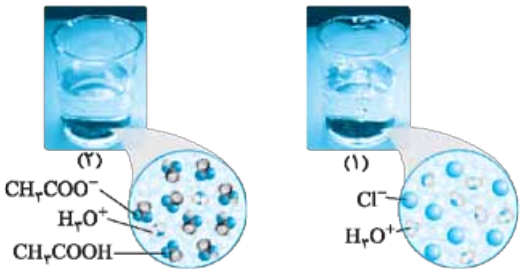
اسیدهای ضعیف مانند هیدروفلوئوریک اسید (HF) در آب به طور کامل یونیده نمی‌شوند؛ بنابراین غلظت یون هیدرونیوم (H^+) در محلول آن‌ها از غلظت اولیهٔ اسید کم‌تر است. معادلهٔ یونش جزئی اسید ضعیف HA به صورت زیر است:

	$HA(aq)$	$\rightleftharpoons$	$H^+(aq)$	+	$A^-(aq)$
غلظت اولیه:	M		۰		۰
غلظت نهایی:	$M-x$		x		x

با توجه به تعریف درجهٔ یونش که در قسمت ۵ دیدیم، می‌توانیم بنویسیم: $\alpha = \frac{\text{غلظت اسید یونیده‌شده}}{\text{غلظت اولیهٔ اسید}} = \frac{x}{M} = \frac{[H^+]}{M} \Rightarrow [H^+] = M \times \alpha$

بنابراین در دما و غلظت یکسان، غلظت یون هیدرونیوم در محلول اسید قوی (درجهٔ یونش بیشتر) بیشتر بوده و محلول این اسید pH کم‌تری دارد. برای مثال در دما و غلظت یکسان، غلظت یون هیدرونیوم در محلول هیدروکلریک اسید (محلول (۱) در شکل مقابل) بیشتر بوده و pH این محلول کم‌تر است. (HCl اسید قوی و $CH_۳COOH$ اسید ضعیف است.)

$$pH_۱ < pH_۲$$



کارگاه حل مسئله

تیپ اول: محاسبهٔ pH محلول اسیدهای قوی رابطهٔ کلی غلظت مولی یون هیدرونیوم با غلظت اولیهٔ اسید قوی به صورت زیر است:

$$[H^+] = n \times M$$

در رابطهٔ بالا M غلظت مولی اسید و a ظرفیت اسید است که برای اسیدهای تک‌پروتون‌دار مانند HCl برابر با یک است.

مثال **به یک محلول خنثی با حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر، ۴×۱۰^{-۳} مول سولفوریک اسید اضافه می‌کنیم. با فرض کامل‌بودن هر دو مرحلهٔ یونش این اسید، مقدار pH این محلول را حساب کنید.**

پاسخ اگر هر دو مرحلهٔ یونش اسید سولفوریک را کامل فرض کنیم، خواهیم داشت: $H_۲SO_۴(aq) \rightarrow ۲H^+(aq) + SO_۴^{۲-}(aq)$

غلظت اولیهٔ اسید سولفوریک در این محلول برابر است با: $[H_۲SO_۴]_{\text{اولیه}} = \frac{n}{V} = \frac{۴\times۱۰^{-۳}}{۰/۲} = ۰/۰۲ \text{ mol.L}^{-۱}$

حالا غلظت یون هیدرونیوم و در نهایت pH را حساب می‌کنیم:

$$[H^+] = n \times M = ۲ \times ۰/۰۲ = ۰/۰۴ \text{ mol.L}^{-۱} \Rightarrow pH = -\log(۲^۲ \times ۱۰^{-۲}) = -(\log ۲^۲ + \log ۱۰^{-۲})$$
$$= ۲ - ۲\underbrace{\log ۲}_{۰/۳} = ۱/۴$$

تیپ دوم: محاسبهٔ pH محلول اسیدهای ضعیف اگر در مسئله‌ای، درجهٔ یونش یک اسید تک‌پروتون‌دار ضعیف را دادند و pH آن را پرسیدند، ابتدا غلظت یون هیدرونیوم را از رابطهٔ $[H^+] = M \times \alpha$ حساب کرده و سپس مقدار pH را با محاسبهٔ منهای لگاریتم آن پیدا می‌کنیم.

مثال **pH محلول ۰/۱ مولار اسید تک‌پروتون‌دار HA با درصد یونش ۰/۲ درصد را به دست آورید.**

پاسخ

$$\alpha = \frac{۰/۲}{۱۰۰} = ۰/۰۰۲ \Rightarrow [H^+] = M.\alpha = ۰/۱ \times ۰/۰۰۲ = ۲\times۱۰^{-۴} \text{ mol.L}^{-۱}$$

$$pH = -\log(۲\times۱۰^{-۴}) = -(\log ۲ + \log ۱۰^{-۴}) = -۰/۳ + ۴ = ۳/۷$$

۲ موازنهٔ واکنش‌های اکسایش و کاهش

موازنهٔ نیم‌واکنش‌ها

موازنهٔ نیم‌واکنش‌ها را با توجه به دو **قانون پایستگی جرم** و **پایستگی بار**، انجام می‌دهیم:

۱- قانون پایستگی جرم: جرم واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها، در دو سمت معادلهٔ یک نیم‌واکنش برابر است. در نتیجه تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سمت معادلهٔ یک نیم‌واکنش، باید یکسان باشد. در این قسمت از همان روش وارسی که از سال دهم یاد گرفته‌ایم استفاده می‌کنیم.

برای مثال در نیم‌واکنش مقابل، در هر سمت معادلهٔ نیم‌واکنش دو اتم اکسیژن وجود دارد: $O_2(g) + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}(s)$

۲- قانون پایستگی بار: **مجموع** بار الکتریکی، **در دو سمت** معادلهٔ یک نیم‌واکنش **برابر** است. در هنگام محاسبهٔ مجموع بار، باید علامت بار را هم لحاظ کنیم. توجه داریم که بار الکتریکی گونه‌های خنثی برابر صفر، بار الکتریکی کاتیون‌ها مثبت و بار الکتریکی آنیون‌ها و هم‌چنین الکترون‌ها منفی است.

مثلاً: بار الکتریکی در دو طرف نیم‌واکنش اکسایش فلز روی (Zn) برابر صفر و در دو طرف نیم‌واکنش کاهش اکسیژن برابر -4 است:

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

توجه در نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، الکترون‌ها به ترتیب در سمت راست و چپ معادله قرار دارند.

مثال **هر یک از نیم‌واکنش‌های زیر را با قراردادن تعداد معینی الکترون موازنه کرده و مشخص کنید کدام‌یک، نیم‌واکنش اکسایش و کدام‌یک نیم‌واکنش کاهش است؟**

الف) $Cu^{2+}(aq) + \ldots\ldots \rightarrow Cu(s)$

ب) $Sn^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{4+}(aq) + \ldots\ldots$

پ) $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + \ldots\ldots$

پاسخ *کافیه* تعداد الکترون‌ها را طوری انتخاب کنیم که بار دو سمت نیم‌واکنش با هم برابر شود:

الف) موازنهٔ بار: $\underbrace{Cu^{2+}(aq) + 2e^-}_{+2-2=0} \rightarrow \underbrace{Cu(s)}_{0}$ نیم‌واکنش کاهش

- e در سمت چپ واکنش است و توسط کاتیون گرفته شده است.
- کاتیون Cu^{2+} با دریافت $2e^-$ الکترون به اتم Cu کاهش یافته است.

ب) موازنهٔ بار: $\underbrace{Sn^{2+}(aq)}_{+2} \rightarrow \underbrace{Sn^{4+}(aq) + 2e^-}_{+4-2=+2}$ نیم‌واکنش اکسایش

کاتیون Sn^{2+} با از دست دادن $2e^-$ به کاتیون با بار مثبت‌تر Sn^{4+}، اکسید شده است.

(e در سمت راست واکنش است و توسط کاتیون با بار مثبت کم‌تر $(+2)$ از دست داده شده است. کاتیون با از دست دادن الکترون به یون مثبت‌تر تبدیل شده است.)

پ) موازنهٔ بار: $\underbrace{H_2(g)}_{0} \rightarrow \underbrace{2H^+(aq) + 2e^-}_{2\times(+1)-2=0}$ نیم‌واکنش اکسایش

مولکول خنثی H_2 با از دست دادن $2e^-$ به دو یون H^+ اکسید شده است.

(e در سمت راست واکنش است و مولکول خنثی با از دست دادن الکترون به کاتیون تبدیل شده است.)

مثال **نیم‌واکنش کاهش مقابل را موازنه کنید.** $H_2O_2(aq) + H^+(aq) + e^- \rightarrow H_2O(l)$

پاسخ در بین گونه‌هایی که در معادلهٔ بالا هستند، H_2O_2 پیچیده‌ترین ساختار را دارد. براساس روش وارسی، به آن ضریب یک داده و تعداد اتم‌های اکسیژن را در دو سمت معادلهٔ نیم‌واکنش یکسان می‌کنیم (به H_2O ضریب ۲ می‌دهیم):

$$\frac{1}{}H_2O_2(aq) + \frac{}{}H^+(aq) + \frac{}{}e^- \rightarrow \frac{2}{}H_2O(l)$$

در سمت راست ۴ اتم H داریم، پس به H^+ هم ضریب ۲ می‌دهیم تا تعداد اتم‌های H در دو سمت معادله یکسان شود:

$$\frac{1}{}H_2O_2(aq) + \frac{2}{}H^+(aq) + \frac{}{}e^- \rightarrow \frac{2}{}H_2O(l)$$

در نهایت باید به کمک موازنهٔ بار، ضریب الکترون را پیدا کنیم. در سمت راست بار برابر صفر است بنابراین باید ضریب الکترون را ۲ قرار دهیم تا مجموع بار سمت چپ برابر صفر شود $(0 = 2 - 2)$. پس معادلهٔ نیم‌واکنش موازنه‌شده به صورت زیر خواهد بود:

$$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2H_2O(l)$$

روش موازنهٔ واکنش‌های اکسایش ـ کاهش

موازنهٔ واکنش‌های اکسایش ـ کاهش را در سه گام انجام می‌دهیم:

۱- نوشتن نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش و موازنهٔ معادلهٔ آن‌ها: هر نیم‌واکنش باید از نظر جرم (تعداد اتم) و بار الکتریکی موازنه باشد *(همان‌طور که قبل‌تر توضیح داده شد!)*.

۲- یکسان‌سازی تعداد الکترون‌ها در نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش: اگر تعداد الکترون‌ها در نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش یکسان بود *که هیچی می‌ریم سراغ مرحلهٔ سوم!* اما اگر تعداد الکترون‌ها در نیم‌واکنش‌ها یکسان نبود، کافی است طرفین دو نیم‌واکنش را در اعداد مناسب ضرب کنیم تا تعداد الکترون‌ها با هم برابر شوند.

۳- جمع کردن نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش: در نهایت از جمع‌کردن نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، الکترون‌ها حذف شده و واکنش موازنه‌شده به دست می‌آید که اصطلاحاً به آن واکنش کلی اکسایش ـ کاهش می‌گوییم.

حالا می‌توانیم واکنش کلی تیغهٔ فلز روی در محلول آبی مس (II) سولفات را بنویسیم:

همان‌طور که دیدیم، نیم‌واکنش‌های مربوطه به صورت زیر هستند:

نیم‌واکنش کاهش: $\underbrace{Cu^{2+}(aq)}_{\text{اکسنده}} + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ نیم‌واکنش اکسایش: $\underbrace{Zn(s)}_{\text{کاهنده}} \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

با توجه به یکسان‌بودن تعداد الکترون‌ها در این دو نیم‌واکنش، از جمع‌کردن نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، الکترون‌ها حذف شده و واکنش کلی اکسایش ـ کاهش به دست می‌آید:

$$+\begin{cases} Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^- \\ Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s) \end{cases}$$

$$Zn(s) + \underset{\text{آبی‌رنگ}}{Cu^{2+}(aq)} \rightarrow \underset{\text{بی‌رنگ}}{Zn^{2+}(aq)} + Cu(s)$$

توجه داریم که به واسطهٔ انجام این واکنش اکسایش ـ کاهش، رنگ محلول از آبی به بی‌رنگ تغییر می‌کند.

مثال واکنش $Fe^{3+} + Sn^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Sn^{4+}$ را موازنه کنید.

پاسخ **گام اول:** ابتدا نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را نوشته و هر یک را به تنهایی موازنه می‌کنیم:

نیم‌واکنش اکسایش: $\underbrace{Sn^{2+}}_{+2} \rightarrow \underbrace{Sn^{4+} + 2e^-}_{\text{موازنهٔ بار: } 2+=2-+4}$

نیم‌واکنش کاهش: $\underbrace{Fe^{3+} + e^-}_{+3-1=+2} \rightarrow \underbrace{Fe^{2+}}_{\text{موازنهٔ بار: } +2}$

گام دوم: با ضرب طرفین نیم‌واکنش کاهش در ۲، تعداد الکترون‌های مصرف‌شده در نیم‌واکنش کاهش را با تعداد الکترون‌های تولیدشده در نیم‌واکنش اکسایش یکسان می‌کنیم:

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

نیم‌واکنش کاهش: $2Fe^{3+} + 2e^- \rightarrow 2Fe^{2+}$

گام سوم: دو نیم‌واکنش را با هم جمع می‌کنیم:

$$\begin{cases} 2Fe^{3+} + 2e^- \rightarrow 2Fe^{2+} \\ Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^- \end{cases}$$

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

سؤال‌های امتحانی

۱۱- با توجه به واکنش $Sn^{2+}(aq) + Fe^{3+}(aq) \rightarrow Sn^{4+}(aq) + Fe^{2+}(aq)$، پاسخ دهید. *(نهایی دی ۹۷)*

الف) کدام گونه کاهش یافته است؟ دلیل بنویسید.

ب) کدام گونه کاهنده است؟

پ) معادلهٔ نیم‌واکنش اکسایش را نوشته و آن را موازنه کنید.

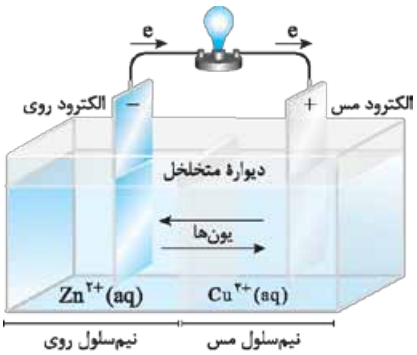
۱۲- در هر مورد، با نوشتن نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، واکنش‌های زیر را موازنه کنید.

الف) $Ni(s) + H^+(aq) \rightarrow Ni^{2+}(aq) + H_2(g)$

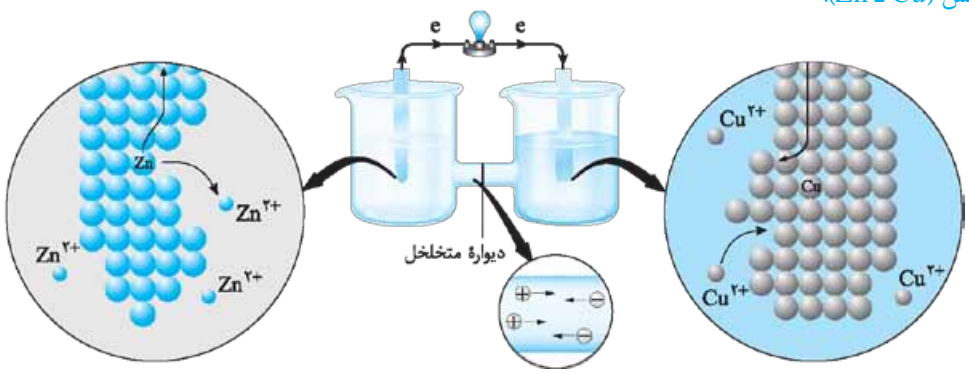
ب) $Cd(s) + Fe^{3+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Cd^{2+}(aq)$

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

نمایی از سلول گالوانی روی ـ مس (Zn ـ Cu):



نمای ذره‌ای سلول گالوانی روی ـ مس (Zn ـ Cu):



با توجه به شکل بالا، می‌توان گفت:

۱ تیغهٔ روی، آند و تیغهٔ مس، کاتد این سلول را تشکیل می‌دهند. (چون جهت جریان الکترون در مدار بیرونی از الکترود روی به الکترود مس است.)

۲ اتم‌های روی در آند، ۲ الکترون از دست داده و به صورت یون Zn^{2+} وارد نیم‌سلول آندی می‌شود؛ بنابراین با گذشت زمان تیغهٔ روی لاغرتر می‌شود. (آند لاغر می‌شود.)

۳ یون‌های Cu^{2+} در نیم‌سلول کاتدی، دو الکترون گرفته و به صورت اتم مس بر روی تیغهٔ مسی می‌نشینند؛ بنابراین با گذشت زمان تیغهٔ مسی چاق‌تر می‌شود. (کاتد چاق می‌شود.)

۴ نیم‌واکنش‌های انجام‌شده در نیم‌سلول‌های این سلول گالوانی به صورت زیر هستند:

تغییر جرم تیغه ها پس از کارکردن در سلول گالوانی روی ـ مس

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

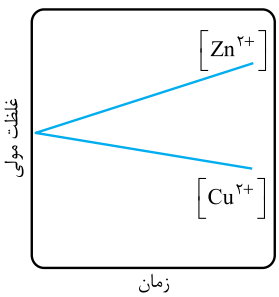
نیم‌واکنش نیم‌سلول Zn (آند): $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

بنابراین واکنش کلی سلول به صورت $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$ خواهد بود.

۵ در دیوارهٔ متخلخل این سلول، کاتیون Zn^{2+} از نیم‌سلول آندی به سمت نیم‌سلول کاتدی و آنیون موجود در الکترولیت نیم‌سلول کاتدی (برای مثال آنیون سولفات)، به سمت نیم‌سلول آندی حرکت می‌کند.

نمودار تغییر غلظت یون‌ها در سلول گالوانی

این نمودار را به کمک سلول گالوانی روی ـ مس که به طور مفصل با آن آشنا شدیم، توضیح می‌دهیم. در نیم‌سلول آندی این سلول، فلز روی اکسید شده و به صورت کاتیون Zn^{2+} وارد محلول الکترولیت نیم‌سلول آندی می‌شود. در طرف مقابل در نیم‌سلول کاتدی، کاتیون‌های Cu^{2+} موجود در محلول الکترولیت به فلز مس کاهش می‌یابند. بنابراین با گذشت زمان، غلظت مولی کاتیون Zn^{2+} در نیم‌سلول آندی، افزایش یافته و از غلظت مولی کاتیون Cu^{2+} در نیم‌سلول کاتدی، کاسته می‌شود. پس نمودار غلظت مولی ـ زمان برای این سلول، به صورت مقابل خواهد بود:



۲۸- با توجه به واژه‌های داخل کادر، کلمهٔ مناسب برای تکمیل هر عبارت را بنویسید. توجه کنید که ممکن است از برخی موارد، بیش از یک بار استفاده شود، البته برخی از آن‌ها هم اضافی‌اند.

کاتد ـ روی ـ آند ـ مس

الف) در یک سلول گالوانی، الکترودی که در آن، واکنش اکسایش رخ می‌دهد، ..... و الکترودی که در آن، واکنش کاهش رخ می‌دهد، ..... نامیده می‌شود و جهت حرکت الکترون‌ها در مدار خارجی، از ..... به سمت ..... است.

ب) در سلول گالوانی روی ـ مس، پس از انجام واکنش اکسایش ـ کاهش، از جرم تیغهٔ ..... کاسته شده و بر جرم تیغهٔ ..... افزوده می‌شود.

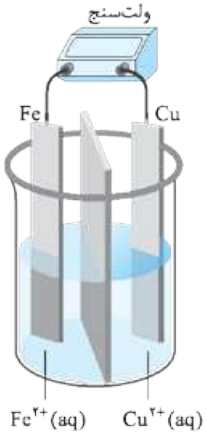
۲۹- درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کرده و سپس شکل درست عبارت‌های نادرست را بنویسید.

الف) برای ایجاد جریان الکتریکی، باید الکترون‌ها را از یک مسیر معین عبور داد یا از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر جابه‌جا نمود.

ب) در سلول گالوانی می‌توان تمام انرژی آزادشده در واکنش اکسایش ـ کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل نمود.

پ) نیم‌واکنش اکسایش را نیم‌واکنش کاتدی و نیم‌واکنش کاهش را نیم‌واکنش آندی می‌نامند.

۳۰- با توجه به سلول الکتروشیمیایی داده‌شده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

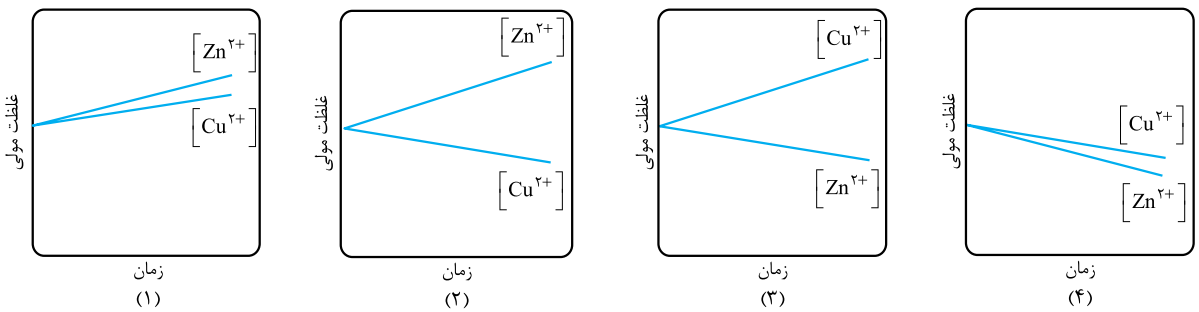


الف) هر یک از موارد زیر را در شکل مشخص کنید.

کاتد و آند ـ قطب مثبت و منفی سلول ـ جهت حرکت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در دیوارهٔ متخلخل ـ جهت حرکت الکترون‌ها در مدار خارجی

ب) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش و واکنش کلی سلول را بنویسید.

۳۱- کدام نمودار تغییر غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی ـ مس به درستی نشان می‌دهد.



۵ نیروی الکتروموتوری

پتانسیل کاهشی استاندارد

اگر در سلول گالوانی به جای لامپ، ولت‌سنج قرار گیرد، ولتاژی که ولت‌سنج در سلول گالوانی نشان می‌دهد، اختلاف پتانسیل میان دو نیم‌سلول است. این کمیت به **نیروی الکتروموتوری** معروف است و آن را به اختصار با emf نمایش می‌دهند.[۱]

نیروی الکتروموتوری یا emf یک سلول که آن را با $E^\circ_{\text{سلول}}$ نیز نمایش می‌دهند، از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\text{emf} = E^\circ(\text{نیم‌سلول کاتدی}) - E^\circ(\text{نیم‌سلول آندی}) \text{ یا } E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند})$$

با این‌که هر سلول گالوانی، ولتاژ معینی دارد، با تغییر هر یک از نیم‌سلول‌ها، ولتاژ سلول نیز تغییر می‌کند. سؤال مهم این است که برای تعیین سهم هر یک از نیم‌سلول‌ها در ولتاژ سلول چه‌کار باید کرد؟

۱- جلوتر طرز محاسبه‌اش را با چند تا مثال می‌بینیم!

۳ شارهٔ A با عبور از بخش (۴)، آب را به جوش آورده و بخار داغ تولید می‌کند، در نتیجه دمای این شاره کاهش می‌یابد و در منبع b ذخیره می‌شود تا در موقع مناسب (هوای آفتابی)، دوباره به بالای برج پمپ شده و گرم شود.

۴ بخار آب تولیدشده در بخش (۴)، توربین را در بخش (۵)، برای تولید انرژی الکتریکی به حرکت درمی‌آورد. به این ترتیب جریان الکتریکی تولید شده و وارد شبکهٔ برق می‌شود.

۵ در ادامه، بخار آب در سردکننده (بخش (۶))، مایع شده و دوباره به سمت بخش (۴) پمپ می‌شود. به این ترتیب، شارهٔ A و بخار آب، هر کدام در مداری جدا به چرخش درمی‌آیند و با کنترل فرایند سردشدن و گرم‌کردن آن‌ها می‌توان تولید انرژی الکتریکی را بهینه ساخت.

توجه منبع ذخیرهٔ انرژی گرمایی (منبع a)، حتی در روزهای ابری و شب‌هنگام، می‌تواند انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم کند. در واقع به کمک این فناوری می‌توان بخشی از انرژی پرتوهای خورشیدی را ذخیره نمود و در زمان‌هایی که نیاز بیشتری احساس می‌شود، آن را به شکل انرژی الکتریکی وارد چرخهٔ مصرف کرد.

انتخاب شارهٔ مناسب به جای شارهٔ A مطابق یک قاعدهٔ کلی، هر چه تفاوت بین نقطهٔ ذوب و جوش یک مادهٔ خالص بیشتر باشد، آن ماده در گسترهٔ دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبهٔ میان ذره‌های سازندهٔ مایع قوی‌تر است. بدیهی است که هر چه این گسترهٔ دمایی بزرگ‌تر باشد، بهتر می‌تواند انرژی گرمایی را در خود ذخیره کند و در نتیجه انتخاب بهتری به جای شارهٔ A است.

در مثال بعد، با مقایسهٔ گسترهٔ دمایی که در آن شاره‌های مولکولی و یونی به حالت مایع هستند، مادهٔ مناسب برای شارهٔ A را انتخاب می‌کنیم.

مثال **با توجه به جدول مقابل، به پرسش‌ها پاسخ دهید.**

الف) کدام ماده در گسترهٔ دمایی کم‌تری به حالت مایع است؟ چرا؟

ب) کدام ماده را به جای شارهٔ A پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟

ماده	نقطهٔ ذوب (°C)	نقطهٔ جوش (°C)
N_2	−۲۱۰	−۱۹۶
HF	−۸۳	۱۹
NaCl	۸۰۱	۱۴۱۳

پاسخ **الف** فاصلهٔ نقطهٔ ذوب و نقطهٔ جوش مواد داده‌شده را با هم مقایسه کنیم، هر چه این فاصله کم‌تر باشد، یعنی آن ماده در گسترهٔ دمایی کم‌تری به حالت مایع است.

N_2: دمای نقطهٔ جوش − دمای نقطهٔ ذوب $= -۱۹۶ - (-۲۱۰) = ۱۴\ ^\circ C$

HF: دمای نقطهٔ جوش − دمای نقطهٔ ذوب $= ۱۹ - (-۸۳) = ۱۰۲\ ^\circ C$

NaCl: دمای نقطهٔ جوش − دمای نقطهٔ ذوب $= ۱۴۱۳ - ۸۰۱ = ۶۱۲\ ^\circ C$

بنابراین N_2 در گسترهٔ دمایی کم‌تری به حالت مایع است.

ب سدیم کلرید مذاب، از آن‌جا که این ماده در گسترهٔ دمایی بیشتری به حالت مذاب است، بهتر می‌تواند انرژی پرتوهای خورشیدی را در خود حفظ کند.

توجه داده‌های تجربی نشان می‌دهند که گسترهٔ دمایی سدیم کلرید مذاب در این فناوری در حدود ۱۳۵۰ °C ـ ۸۵۰ است. اما این گسترهٔ دمایی را نمی‌توان برای مواد مولکولی انتظار داشت.

جمع‌بندی

در این نیروگاه خورشیدی، از فناوری پیشرفته‌ای برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی استفاده می‌شود. با متمرکزشدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرندهٔ برج، دمای سدیم کلرید مذاب (شارهٔ یونی) افزایش می‌یابد و این شارهٔ بسیار داغ، به منبع ذخیرهٔ انرژی گرمایی سرازیر می‌شود. سدیم کلرید مذاب موجود در این منبع، در موقع نیاز، انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم می‌کند و در نهایت بخار داغ (شارهٔ مولکولی)، توربین را برای تولید انرژی الکتریکی به حرکت درمی‌آورد.

سؤال‌های امتحانی

۴۴- از بین دو واژهٔ داده‌شده، واژهٔ مناسب را برای کامل‌کردن جمله‌های زیر انتخاب کنید.

الف) هر چه تفاوت بین نقطهٔ ذوب و جوش یک مادهٔ خالص (بیشتر / کم‌تر) باشد، آن ماده در گسترهٔ دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبهٔ میان ذره‌های سازندهٔ مایع (قوی‌تر / ضعیف‌تر) است. *(نهایی دی ۹۷)*

ب) در فناوری پیشرفته، برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی، شاره‌ای بسیار داغ که باعث تولید بخار داغ می‌شود، (شارهٔ یونی / شارهٔ مولکولی) است. *(نهایی خرداد ۱۴۰۰)*

۴۵- درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کرده و سپس شکل درست عبارت‌های نادرست را بنویسید.

الف) خورشید منبعی تجدیدناپذیر است که انرژی خود را با پرتوهای الکترومغناطیسی به سوی ما گسیل می‌دارد.

ب) شارهٔ یونی، در گسترهٔ دمایی بیشتری نسبت به شارهٔ مولکولی به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبهٔ میان ذره‌های سازندهٔ آن قوی‌تر است.

۴۶- با توجه به جدول مقابل به پرسش‌ها پاسخ دهید. *(نهایی خرداد ۹۹)*

ماده	نقطهٔ ذوب (°C)	نقطهٔ جوش (°C)
N_2	−۲۰۷	−۱۹۶
SiO_2	۱۷۱۰	۲۲۳۰

الف) کدام ماده در گسترهٔ دمایی کم‌تری به حالت مایع است؟ چرا؟

ب) دو واژهٔ مادهٔ مولکولی و فرمول مولکولی را برای توصیف کدام ماده نمی‌توان به کار برد؟ چرا؟

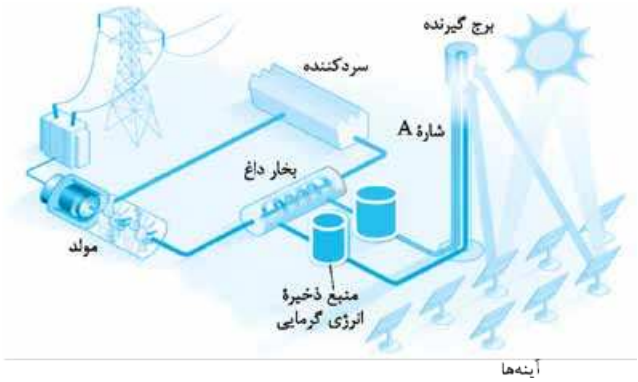
۴۷- با توجه به جدول مقابل به پرسش‌ها پاسخ دهید. *(نهایی شهریور ۹۹)*

ماده	نقطهٔ ذوب	نقطهٔ جوش
A	−۲۰۷	−۱۹۶
B	−۸۳	۱۹
C	۸۰۱	۱۴۱۳

الف) کدام ماده در گسترهٔ دمایی کم‌تری به حالت مایع است؟ چرا؟

ب) نیروی جاذبهٔ میان ذرات سازنده در حالت مایع، در کدام ماده قوی‌تر است؟

۴۸- با توجه به شکل مقابل که شمایی از فناوری پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی را نشان می‌دهد، به پرسش‌های داده‌شده پاسخ دهید.



الف) مشخص کنید هر یک از جمله‌های زیر، توصیف کدام بخش از این فناوری است؟

۱) شاره‌ای بسیار داغ که باعث تولید بخار داغ می‌شود.

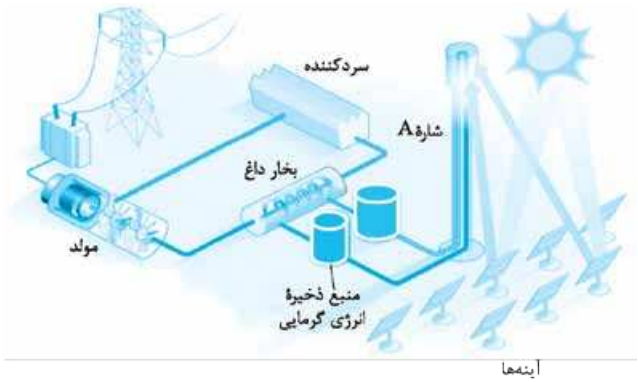
۲) شاره‌ای که توربین را به حرکت درمی‌آورد.

۳) انرژی بخار داغ در آن به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

ب) با خط‌زدن واژهٔ نادرست، عبارت زیر را کامل کنید.

«مادهٔ به‌کاررفته به جای شارهٔ A، می‌بایست نسبت به آب در گسترهٔ دمایی (کم‌تری / بیشتری) در حالت مایع باشد.»

۴۹- با توجه به شکل زیر که شمایی از فناوری پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی را نشان می‌دهد به پرسش‌ها پاسخ دهید. *(نهایی دی ۹۸)*



ماده	نقطهٔ جوش (°C)	نقطهٔ ذوب (°C)
NaCl	۱۴۱۳	۸۰۱
H_2O	۱۰۰	صفر
HF	۱۹	−۸۳

الف) شارهٔ A کدام‌یک از مواد موجود در جدول داده‌شده است؟ چرا؟

ب) نقش آینه‌ها در این فناوری چیست؟

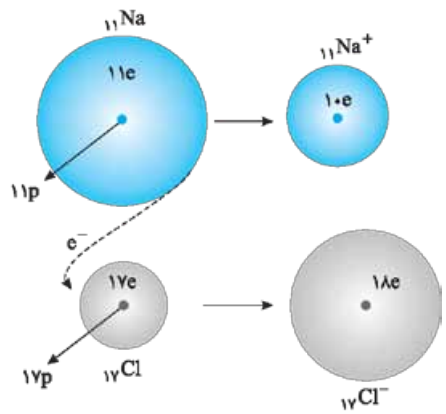
۷ جامدهای یونی (بخش اول)

تشکیل ترکیب‌های یونی دوتایی

می‌دانیم که ترکیبات یونی دوتایی را می‌توان فراوردهٔ واکنش یک فلز با یک نافلز دانست، واکنشی که در آن اتم‌های فلز و نافلز با یکدیگر الکترون دادوستد می‌کنند. در این واکنش‌ها، اتم فلز با از دست دادن الکترون و اتم نافلز با به دست آوردن الکترون، به ترتیب به کاتیون و آنیون تبدیل می‌شوند.

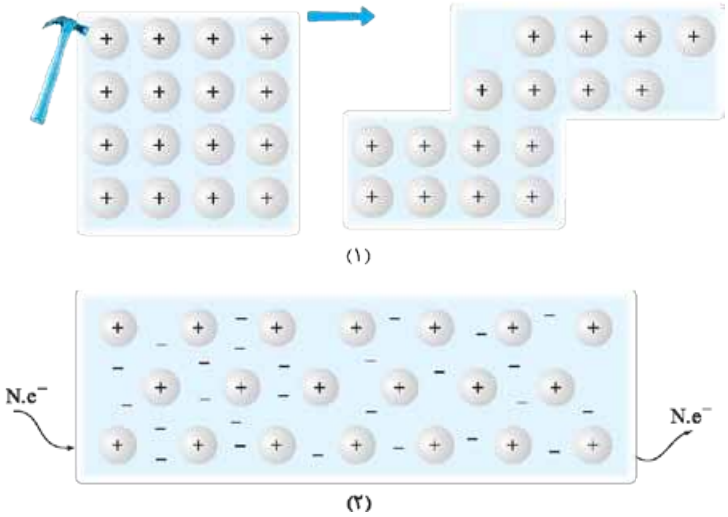
در ادامه دو مثال معروف را بررسی می‌کنیم:

تشکیل سدیم کلرید:



بررسی دادوستد الکترون میان اتم‌ها در تشکیل سدیم کلرید: مطابق شکل، اتم سدیم ($_{11}Na$) یک الکترون به اتم کلر ($_{17}Cl$) می‌دهد و خودش به یون سدیم ($_{11}Na^+$) تبدیل شده و اتم کلر نیز با گرفتن آن تک‌الکترون به یون کلرید ($_{17}Cl^-$) تبدیل می‌گردد.

۸۰- با توجه به شکل‌ها به سؤالات پاسخ دهید. (نهایی شهریور ۹۸)



(۱)

(۲)

الف) هر یک از شکل‌های داده‌شده، نشان‌دهندهٔ کدام رفتار فیزیکی در فلزها است؟

ب) با توجه به الگوی دریای الکترونی رفتار فلز را در شکل (۲) توجیه کنید.

۸۱- در هر مورد مشخص کنید ویژگی‌های داده‌شده، به کدام‌یک از مواد جامد داخل کادر مربوط می‌شود؟

$SiC(s)$ ـ $CO_2(s)$ ـ $KCl(s)$ ـ $Au(s)$

الف) شکننده ـ رسانای برق در حالت مذاب

ب) رسانای برق در حالت جامد

پ) سخت ـ در حالت مذاب رسانای برق نیست.

۸۲- به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) کدام‌یک از طول موج‌های زیر، می‌تواند طول موج عبوری یا بازتاب‌شده از یک مادهٔ رنگی باشد؟ $350\ nm, 500\ nm, 800\ nm$

ب) رنگ‌هایی که برای پوشش سطح استفاده می‌شوند، جزء کدام دسته از مخلوط‌های ناهمگن به شمار می‌روند؟ دو دلیل به‌کارگیری این رنگ‌ها را نام ببرید.

۸۳- بر اثر واکنش فلز روی با محلول نمکی از وانادیم (V)، محلولی از نمک وانادیم (IV) به دست می‌آید. واکنش بین یون وانادیم و اتم روی را بنویسید و دلیل تغییر رنگ محلول را شرح دهید. فلز روی در این واکنش کدام نقش (اکسنده یا کاهنده) را دارد؟

۸۴- هر یک از موارد زیر را برای تیتانیم و فولاد زنگ‌نزن مقایسه کنید.

الف) نقطهٔ ذوب

ب) چگالی

پ) واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا

ت) مقاومت در برابر خوردگی

۸۵- به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) هنگامی که موتور جت کار می‌کند، همهٔ اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارند. تیتانیم براساس کدام ویژگی‌ها برای ساخت این موتور، به کار رفته است؟ توضیح دهید.

ب) توضیح دهید چرا امروزه در ساخت پروانهٔ کشتی اقیانوس‌پیما به جای فولاد از تیتانیم استفاده می‌کنند؟

پ) ساخت بناهای هنرمندانه، زیبا و ماندگاری همانند موزهٔ گوگنهایم با پوشش بیرونی تیتانیم، از چه مزایایی برخوردار است؟ توضیح دهید.

۸۶- نیتینول به چه نامی معروف است؟ سه مورد از کاربردهای این آلیاژ را در ساخت فراورده‌های پزشکی نام ببرید.

برای دانلود فایل آزمون جمع‌بندی این فصل به همراه پاسخ‌نامهٔ تشریحی، QRcode روبه‌رو را اسکن کنید.

۱- الف) واکنش‌پذیری کم، استحکام زیاد و پایداری مناسب

ب) شیمی‌دان‌ها در گام نخست، نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازندهٔ آثار به‌جامانده را بررسی کردند، سپس با بهره‌گیری از دانش شیمی توانستند به مواد جدیدتری با خواص ویژه و کاربردهای معین دست یابند.

۲- الف) Al_2O_3 ،SiO_2 ب) Fe_2O_3

پ) SiO_2

۳- الف) H_2O، زیرا دمای جوش آب پایین است؛ بنابراین بر اثر پختن سفالینه، آب موجود در خاک رس بخار شده و از آن خارج می‌شود و در نتیجه از جرم آن کاسته می‌شود.

ب) افزایش می‌یابد (چون آب تبخیر می‌شود).

پ) I) Na_2O ، MgO

II) H_2O

III) Au

ت) $\text{درصد جرمی طلا} = \frac{\text{جرم طلا}}{\text{جرم نمونه}} \times ۱۰۰$

$$\Rightarrow ۰/۱ = \frac{\text{جرم طلا}}{۱۰^۶\ \text{g خاک رس}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{جرم طلا} = ۱۰۰۰\ \text{g}$$

توجه یک تن، معادل ۱۰۰۰ کیلوگرم یا $۱۰^۶$ گرم است.

۴- با استفاده از رابطهٔ درصد جرمی داریم:

$$\text{درصد جرمی سیلیس} = \frac{\text{جرم سیلیس}}{\text{جرم نمونهٔ خاک رس}} \times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow \text{جرم سیلیس} = \text{جرم نمونهٔ خاک رس} \times \frac{\text{درصد جرمی سیلیس}}{۱۰۰}$$

$$\Rightarrow \text{جرم سیلیس} = ۲ \times \frac{۴۵}{۱۰۰} = ۰/۹\ \text{ton} \times \frac{۱۰^۳\ \text{kg}}{۱\ \text{ton}} = ۹۰۰\ \text{kg}$$

۵- ابتدا جرم کلسیم موجود در نمونهٔ سنگ معدن را حساب می‌کنیم:

$$?\ \text{g Ca} = ۴۰۰\ \text{g}\ CaCO_3 \times \frac{۱\ \text{mol}\ CaCO_3}{۱۰۰\ \text{g}\ CaCO_3}$$

$$\times \frac{۱\ \text{mol Ca}}{۱\ \text{mol}\ CaCO_3} \times \frac{۴۰\ \text{g Ca}}{۱\ \text{mol Ca}} = ۱۶۰\ \text{g Cu}$$

در نهایت درصد جرمی کلسیم را حساب می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی کلسیم} = \frac{\text{جرم کلسیم}}{\text{جرم نمونهٔ سنگ معدن}} \times ۱۰۰$$

$$= \frac{۱۶۰}{۲۵۰۰} \times ۱۰۰ = ٪۶/۴$$

توجه هنگام محاسبهٔ درصد جرمی دقت کنید که واحد جرم در صورت و مخرج رابطه یکسان باشند (مثلاً هر دو گرم یا هر دو کیلوگرم باشند).

۶- در رابطهٔ درصد جرمی، به جای جرم مولی M، x قرار می‌دهیم:

$$\text{درصد جرمی M} = \frac{\text{جرم مولی M}}{\text{جرم مولی MO}} \times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow ۸۰ = \frac{x}{x+۱۶} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۸۰x + ۱۲۸۰ = ۱۰۰x$$

$$\Rightarrow x = \frac{۱۲۸۰}{۲۰} = ۶۴\ \text{g.mol}^{-۱}$$

۷- الف) یک مول SiO_2 برابر با $۲۸ + (۲ \times ۱۶) = ۶۰$ گرم است؛ بنابراین:

$$۷۵\ \text{g نمونهٔ اول} \times \frac{۴۶\ \text{g}\ SiO_2}{۱۰۰\ \text{g نمونهٔ اول}} \times \frac{۲۸\ \text{g Si}}{۶۰\ \text{g}\ SiO_2} = ۱۶/۱\ \text{g Si}$$

ب) $= \text{درصد جرمی سیلیس در مخلوط نهایی}$

$$\frac{\text{جرم سیلیس در نمونهٔ دوم} + \text{جرم سیلیس در نمونهٔ اول}}{\text{جرم نمونهٔ دوم} + \text{جرم نمونهٔ اول}}$$

$$= \frac{(۵۰ \times ۰/۴۶) + (۱۰۰ \times ۰/۴۴)}{۵۰ + ۱۰۰} \times ۱۰۰$$

$$= \frac{۲۳ + ۴۴}{۱۵۰} \times ۱۰۰ \simeq ٪۴۴/۷$$

۸- الف) سیلیس ب) سیلیس

پ) مقاومت گرمایی

۹- الف) نادرست ـ سیلیسیم پس از اکسیژن، فراوان‌ترین عنصر در پوستهٔ جامد زمین است.

ب) نادرست ـ سیلیس خالص به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسی‌ها به کار می‌رود.

پ) نادرست ـ کوارتز از جمله نمونه‌های خالص سیلیس است.

ت) درست

۱۰- الف) اکسیژن و سیلیسیم به ترتیب اولین و دومین عنصر فراوان زمین هستند و ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر، بیش از ٪۹۰ پوستهٔ جامد زمین را تشکیل می‌دهند؛ از این‌رو سیلیس فراوان‌ترین اکسید در این لایه از زمین به شمار می‌رود.

ب) سیلیس خالص: کوارتز ـ سیلیس ناخالص: ماسه

پ) ساختار (۱)

ت) مادهٔ کووالانسی

ث) سیلیس شامل شمار بسیار زیادی از اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن با پیوندهای اشتراکی $Si-O-Si$ بوده و دارای ساختاری به هم پیوسته و غول‌آسا است. وجود این ساختار، دلیلی بر سختی بالا و دیرگدازبودن این ماده است.

۱۱- الف) یخ خشک ماده‌ای مولکولی است که در ساختار آن، مولکول‌های مجزای CO_2 وجود دارند، اما سیلیس، مجموعه‌ای از اتم‌های Si و O است که با هم پیوند اشتراکی داشته و ساختاری غول‌آسا را به وجود آورده‌اند. برای ذوب‌کردن $CO_2(s)$ باید به نیروهای وان‌دروالسی ضعیف بین مولکول‌های CO_2 غلبه کنیم ولی برای ذوب‌کردن $SiO_2(s)$ باید پیوندهای بسیار قوی اشتراکی را بشکنیم.

ب) زیرا اتم‌های $_{۶}C$ و $_{۱۴}Si$ با تشکیل پیوندهای اشتراکی به آرایش الکترونی هشت‌تایی می‌رسند.

۱۲- الف) سیلیس، جامد کووالانسی و کربن دی‌اکسید جامد، جامد مولکولی است.

ب) سیلیس، زیرا یخ خشک ماده‌ای مولکولی است که در ساختار آن، مولکول‌های مجزای CO_2 وجود دارند و بین آن‌ها نیروهای وان‌دروالسی ضعیف وجود دارد؛ اما سیلیس، مجموعه‌ای از اتم‌های Si و O است که با هم پیوند اشتراکی داشته و ساختاری غول‌آسا را به وجود می‌آورند. بنابراین سختی سیلیس به مراتب بیشتر از یخ خشک است.

۱۳- الف) از آن‌جا که آنتالپی پیوند Si — O از آنتالپی پیوند Si — Si بیشتر است، $SiO_2(s)$ از $Si(s)$ پایدارتر می‌باشد.

ب) سیلیس از سیلیسیم خالص، سخت‌تر است.

پ) نقطهٔ ذوب سیلیس: $1710\ ^\circ C$

نقطهٔ ذوب سیلیسیم خالص: $1414\ ^\circ C$

۱۴- الف) سیلیسیم کربید

ب) سه‌بعدی

پ) سیلیسیم کربید

ت) حجم ـ بیشتر

توجه: جرم یک مول گرافیت و یک مول الماس با هم برابر است.

۱۵- الف) درست

ب) نادرست ـ گرافن، تک‌لایه‌ای از گرافیت است و یک گونهٔ شیمیایی دوبعدی است.

۱۶- الف) الماس و گرافیت

ب) مواد کووالانسی

۱۷- الف) ساختار (۱)، جامد کووالانسی با چینش دوبعدی اتم‌ها و ساختار (۲)، جامد کووالانسی با چینش سه‌بعدی اتم‌ها را نشان می‌دهد.

ب) ساختار (۱): گرافیت ساختار (۲): الماس

پ) زیرا الماس سختی بسیار بالایی دارد.

ت) چگالی الماس: $3/51\ g.cm^{-3}$ و چگالی گرافیت: $2/27\ g.cm^{-3}$.

بین لایه‌ها در گرافیت، فضای خالی وجود دارد ولی در ساختار الماس، با شبکه‌ای غول‌آسا از اتم‌های کربن مواجه هستیم؛ بنابراین جرم معینی از گرافیت، حجم بیشتری از الماس دارد. به عبارت *دیگه* چگالی گرافیت از الماس کم‌تر است.

۱۸- الف) در ساختار گرافیت، بین لایه‌ها فضای خالی وجود دارد؛ اما ساختار الماس شبکه‌ای غول‌آسا از اتم‌های کربن و بدون فضای خالی است. در نتیجه اگر حجم مشابهی از گرافیت و الماس داشته باشیم، جرم الماس بیشتر خواهد بود؛ به عبارت دیگر چگالی الماس از گرافیت بیشتر است.

ب) سیلیسیم کربید سختی بالایی داشته و به علاوه ارزان است؛ در نتیجه می‌توان از آن در تهیهٔ سنباده استفاده کرد.

پ) گرافیت ساختار لایه‌لایه دارد. بین لایه‌ها نیروهای وان‌دروالسی وجود دارد؛ از این‌رو لایه‌های گرافیتی به آسانی روی هم می‌لغزند و در نتیجه گرافیت موجود در مغز مداد، بر روی کاغذ اثر به جا می‌گذارد.

۱۹- الف) نقطهٔ ذوب الماس بالاتر است؛ زیرا برای ذوب‌کردن الماس و سیلیسیم خالص باید به ترتیب پیوندهای C — C و Si — Si بشکنند و از آن‌جا که میانگین آنتالپی پیوند C — C از Si — Si بیشتر است، در نتیجه نقطهٔ ذوب الماس از سیلیسیم خالص بیشتر خواهد بود.

ب) هر ماده‌ای که میانگین آنتالپی پیوندهای آن بزرگ‌تر باشد، سخت‌تر است. میانگین آنتالپی پیوند: $C-C > Si-C > Si-Si$

سیلیسیم خالص < سیلیسیم کربید < الماس :سختی ⇒

۲۰- الف) درست

ب) نادرست ـ در ساختار گرافن، اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی، حلقه‌های شش‌گوشه را تشکیل داده‌اند.

پ) نادرست ـ مقاومت کششی گرافن حدود ۱۰۰ برابر مقاومت کششی فولاد است.

ت) نادرست ـ ضخامت گرافن به اندازهٔ یک اتم کربن است.

ث) نادرست ـ یک گونهٔ شیمیایی دوبعدی است.

ج) درست

چ) درست

ح) نادرست ـ رسانایی الکتریکی بالایی دارد.

۲۱- الف) کووالانسی

ب) کووالانسی ـ همهٔ ـ بالایی

پ) برخلاف ـ زودگداز

ت) $Cl_2(g)$

ث) نیروهای بین مولکولی

۲۲- الف) نادرست ـ $SiO_2(s)$ از $CO_2(s)$ سخت‌تر است.

ب) نادرست ـ اغلب ترکیب‌های آلی جزء مواد مولکولی هستند.

پ) درست

ت) نادرست ـ مولکول‌های آب در ساختار یخ، در یک آرایش منظم و سه‌بعدی با تشکیل حلقه‌های شش‌گوشه، شبکه‌ای با استحکام ویژه پدید می‌آورند.

۲۳- الف) گروه ۱۵: نیتروژن، فسفر، گروه ۱۶: اکسیژن، گوگرد، سلنیم، گروه ۱۷: فلوئور، کلر، برم، ید

ب) گروه ۱۴: کربن و سیلیسیم

۲۴- (گرافیت، $C(s)$ و $SiO_2(s)$؛ زیرا این مواد ساختارهای غول‌آسایی دارند که در آن‌ها اثری از مولکول‌های مجزا دیده نمی‌شود.

۲۵- الف) به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی آن‌ها

ب) به پیوندهای اشتراکی (جفت‌الکترون‌های پیوندی) و جفت‌الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول

۲۶- نیروهای بین مولکولی

۲۷- الف) (۱): ساختار سیلیس (۲): ساختار یخ

ب) a: Si و b: O

پ) در ساختار یخ، هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن از مولکول‌های دیگر، با پیوندهای هیدروژنی متصل است اما در سیلیس، همهٔ اتم‌ها با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل شده‌اند و از آن‌جا پیوندهای هیدروژنی نسبت به پیوندهای اشتراکی ضعیف‌اند، بنابراین یخ برخلاف سیلیس زودگداز است (یخ جامد مولکولی و سیلیس جامد کووالانسی است).

نمونهٔ امتحان نیم‌سال اول	رشته: ریاضی‌فیزیک ـ علوم تجربی	شیمی ۳	
ردیف	امتحان شمارهٔ ۱	مدت امتحان: ۹۰ دقیقه	kheilisabz.com	نمره

۱ مفاهیم زیر را تعریف کنید. — ۲

الف) خوردگی

ب) یونش

پ) نیروی الکتروموتوری

ت) سلول الکترولیتی

۲ از بین دو واژهٔ داده‌شده، واژهٔ مناسب را برای کامل‌کردن جملات زیر انتخاب کنید. — ۱

الف) صابون جامد، نمک سدیم یک ..... است. (اسید چرب ـ اسید قوی)

ب) آمونیاک، یک باز آرنیوس محسوب می‌شود؛ چون در آب موجب ..... pH می‌شود. (افزایش ـ کاهش)

پ) در اثر اکسایش فلز مس، زنگار .....رنگ به وجود می‌آید. (سبز - قرمز)

ت) با افزودن مقداری آب به ۲۰ میلی‌لیتر محلول نیتریک اسید، pH آن ..... (کم می‌شود ـ زیاد می‌شود).

۳ HX یک اسید ضعیف است و معادلهٔ یونش آن در آب به صورت مقابل نشان داده می‌شود: $HX(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + X^-(aq)$ — ۱

در محلول ۰/۰۰۴ مول بر لیتر HX، غلظت یون $X^-(aq)$، برابر با 1×10^{-5} مول بر لیتر است. ثابت یونش اسید را در دمای اتاق محاسبه کنید.

۴ عدد اکسایش اتم ستاره‌دار را در گونه‌های مقابل بیابید. — ۱

الف) $\overset{*}{S}O_4^{2-}$

ب) $CH_3-\overset{*}{C}H(OH)-CH_3$

۵ با فرض مشابه‌بودن R در ترکیب‌های زیر، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. — ۱/۲۵

$HOOC-R-COOH$ (۲)

$R-COOH$ (۱)

الف) کدام‌یک در آب راحت‌تر حل می‌شود؟ چرا؟

ب) در غلظت‌های یکسان از محلول این دو ترکیب، کدام‌یک برای خنثی‌شدن به $NaOH$ کم‌تری نیاز دارد؟ چرا؟

۶ با توجه به جدول به سؤالات پاسخ دهید (غلظت اسیدها را یکسان در نظر بگیرید). — ۱/۵

نام اسید	فرمول شیمیایی	ثابت یونش
سولفوریک اسید	H_2SO_4	بسیار بزرگ
نیتریک اسید	HNO_3	بزرگ
نیترو اسید	HNO_2	$4/5\times10^{-4}$
فورمیک اسید	$HCOOH$	$1/8\times10^{-4}$

الف) محلول کدام اسید، pH بیشتری دارد؟ چرا؟

ب) کدام محلول، رسانای ضعیف‌تر جریان الکتریکی است؟ چرا؟

پ) اگر محلولی از نیتریک اسید با $pH = 3$ داشته باشیم، غلظت یون نیترات NO_3^- را در این محلول بیابید.

۷ درصد یونش اسیدی تک‌پروتون‌دار در آب ۲۰ است. اگر pH محلول این اسید ۴ باشد، غلظت اسید یونیده‌نشده را بیابید. — ۱

۸ درست یا نادرست بودن جملات زیر را مشخص کنید. — ۰/۷۵

الف) بخش قطبی صابون‌ها بزرگ‌تر از بخش ناقطبی آن است.

ب) هر چه K_a یک اسید بزرگ‌تر باشد، قدرت تفکیک آن کم‌تر است.

پ) فلز پلاتین را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به‌کار برد.

۹ با توجه به واکنش‌های زیر، به سؤالات پاسخ دهید. — ۱/۲۵

۱) $2RCOONa(aq) + MgCl_2(aq) \rightarrow (RCOO)_2Mg(s) + 2NaCl(aq)$

۲) $Fe(s) + 2HCl(aq) \rightarrow FeCl_2(aq) + H_2(g)$

الف) کدام‌یک از این واکنش‌ها، از نوع اکسایش ـ کاهش است؟ توضیح دهید.

ب) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید و گونه‌های اکسنده و کاهنده را در این واکنش‌ها مشخص کنید.

نمونهٔ امتحان نیم‌سال دوم	رشته: ریاضی فیزیک ـ علوم تجربی		شیمی ۳
ردیف	امتحان شمارهٔ ۳	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	امتحان نهایی خرداد ۱۴۰۱	kheilisabz.com	نمره

۱ (۱/۷۵)

در هر مورد واژهٔ مناسب را انتخاب کرده و در پاسخ‌نامه بنویسید.

الف) عنصرهای دستهٔ «p/ d» جدول دوره‌ای همگی فلزند.

ب) سازندهٔ اصلی برخی لوازم پلاستیکی «پلی‌اتن/ کلرواتان» است.

پ) لیتیم اکسید (Li_2O) در آب «اسید/ باز» آرنیوس بوده و کاغذ pH در این محلول «آبی/ سرخ» است.

ت) دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکهٔ بلوری «فلزها/ ترکیبات یونی» حفظ می‌کند.

ث) با افزایش دمای یک سامانهٔ تعادلی، واکنش در جهت «مصرف/ تولید» گرما پیش می‌رود و اگر این واکنش گرماگیر باشد، ثابت تعادل «کاهش/ افزایش» می‌یابد.

۲ (۱/۷۵)

درستی یا نادرستی هر یک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید. شکل درست عبارت‌های نادرست را بنویسید.

الف) یک جعبهٔ سیاه‌رنگ، همهٔ طول موج‌های مرئی را بازتاب می‌کند.

ب) مخلوط آب و روغن و صابون یک کلوئید پایدار را تشکیل می‌دهد.

پ) در مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی با ورود آمونیاک، گازهای NO و NO_2 به گاز نیتروژن تبدیل می‌شوند.

ت) شیمی‌دان‌ها برای اندازه‌گیری پتانسیل استاندارد (E°) نیم‌سلول‌ها از محلول‌های الکترولیتی با غلظت ۱/۰ مولار استفاده می‌کنند.

۳ (۰/۷۵)

نقشهٔ پتانسیل روبه‌رو مربوط به مولکول یک مایع است. توضیح دهید آیا با نزدیک‌کردن میلهٔ شیشه‌ای باردار به باریکهٔ این مایع می‌توان آن را از راستای حرکت خود منحرف نمود؟

۴ (۱)

اگر درصد یونش در محلولی از استیک اسید (CH_3COOH) برابر با ۳/۲٪ و غلظت یون هیدرونیوم در آن $1/92\times10^{-2}$ مول بر لیتر باشد.

الف) معادلهٔ یونش این اسید را بنویسید.

ب) غلظت محلول را محاسبه کنید.

۵ (۱/۲۵)

با توجه به نیم‌واکنش‌های داده‌شده به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

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

$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s) \quad E^\circ = +0/80\ V$

الف) در سلول گالوانی مس ـ نقره، کدام فلز نقش آند را ایفا می‌کند؟ چرا؟

ب) در این سلول گالوانی با گذشت زمان جرم کدام تیغه افزایش می‌یابد؟

پ) emf این سلول را حساب کنید.

۶ (۱)

با توجه به واکنش زیر، به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$CH_2=CH_2 + \text{اکسنده} \rightarrow H_2C(OH)-\overset{*}{C}H_2(OH)$

ترکیب (a)

الف) نام ترکیب (a) را بنویسید.

ب) اکسندهٔ مناسب این واکنش چیست؟

پ) عدد اکسایش اتم کربن ستاره‌دار را به دست آورید.

۷ (۱/۲۵)

با توجه به جدول مقابل، به پرسش‌ها پاسخ دهید.

یون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع
Mg^{2+}	۷۲	$2/77\times10^{-2}$
Na^+	۱۰۲	.....
F^-	۱۳۳	$7/5\times10^{-2}$

الف) نسبت بار به شعاع یون Na^+ را حساب کنید.

ب) آنتالپی فروپاشی شبکهٔ منیزیم فلوئورید (MgF_2) بیشتر است یا سدیم فلوئورید (NaF)؟ چرا؟

۱- الف) کاهش (۰/۲۵) ـ افزایش (۰/۲۵)

ب) شارهٔ یونی (۰/۲۵)

پ) یونی (۰/۲۵)

ت) آب (۰/۲۵) ـ ندارد (۰/۲۵)

۲- الف) نادرست (۰/۲۵) ذره‌های موجود در کلوئید درشت‌تر از محلول هستند و به همین دلیل نور را پخش می‌کنند. (۰/۲۵)

ب) درست (۰/۲۵)

پ) نادرست (۰/۲۵) یون (Sn^{2+}) نقش اکسنده را دارد. (۰/۲۵)

ت) نادرست (۰/۲۵) عدد اکسایش کربن در کلروفرم مایع $(CHCl_3)$ برابر ۲+ است. (۰/۲۵)

۳- الف) هیدروفلوئوریک اسید (۰/۲۵) زیرا ثابت یونش آن بزرگ‌تر است. (۰/۲۵)

ب) هیدروسیانیک اسید (۰/۲۵) میزان یونش آن در آب کم‌تر است و غلظت یون‌ها در محلول آن کم‌تر است. (۰/۲۵)

پ) هیدروفلوئوریک اسید (۰/۲۵)

۴- $\underbrace{[H^+]=10^{-pH}}_{(۰/۲۵)} \xrightarrow{pH=5/3} [H^+]=10^{-5/3}$

$$=10^{-6}\times 10^{0/7}=5\times 10^{-6}\ mol.L^{-1}$$ (۰/۲۵)

$$\underbrace{[H^+][OH^-]=10^{-14} \Rightarrow [OH^-]=\frac{10^{-14}}{5\times 10^{-6}}}_{(۰/۲۵)}$$

$$=2\times 10^{-9}\ mol.L^{-1}$$ (۰/۲۵)

۵- الف) اتیلن گلیکول (۰/۲۵) ـ ترفتالیک اسید (۰/۲۵)

ب) $SiO_2(s)$ (۰/۲۵) ـ زیرا سیلیس یک جامد کووالانسی است (۰/۲۵) اما $CO_2(s)$ یک جامد مولکولی است. (۰/۲۵)

پ) آهن گالوانیزه (۰/۲۵) ـ چون پتانسیل کاهشی فلز روی کم‌تر از فلز آهن است، در رقابت برای اکسایش، روی برنده شده و خورده می‌شود. (۰/۵)

ت) قطبی (۰/۲۵) زیرا توزیع الکترون‌ها پیرامون اتم مرکزی آن متقارن نیست. (۰/۵)

۶- الف) اسید آرنیوس (۰/۲۵) زیرا با حل‌شدن در آب، باعث افزایش غلظت یون‌های هیدرونیوم شده است. (۰/۲۵)

ب) $\underbrace{Li_2O(s)+H_2O(l)}_{(۰/۲۵)} \rightarrow \underbrace{2Li^+(aq)+2OH^-(aq)}_{(۰/۲۵)}$

پ) آبی (۰/۲۵) ـ رنگ کاغذ pH در محلول بازی آبی می‌شود. (۰/۲۵)

۷- الف) نمودار (۲) (۰/۲۵) ـ هر چه انرژی فعال‌سازی واکنش کم‌تر باشد آن واکنش در دمای پایین‌تر و راحت‌تر انجام می‌شود. (۰/۵)

ب) سوختن هیدروژن یا نمودار (۱) (۰/۲۵)

پ) تغییرات آنتالپی (ΔH) (۰/۲۵)

۸- $\underbrace{[H^+]=M.\alpha=0/05\times\frac{2}{100}}_{(۰/۲۵)}=\underbrace{10^{-3}\ mol.L^{-1}}_{(۰/۲۵)}$

$$\underbrace{pH=-\log[H^+]}_{(۰/۲۵)} \Rightarrow \underbrace{pH=-\log 10^{-3}=3}_{(۰/۲۵)}$$

۹- الف) نقره (۰/۲۵) ـ زیرا پتانسیل کاهشی آن از منیزیم بیشتر است. (۰/۲۵)

ب) $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq)+2e^-$ (۰/۲۵)

پ) $E^\circ=E^\circ_c-E^\circ_a$ (۰/۲۵)

$$E^\circ=0/8-(-2/37)=+3/17\ V$$ (۰/۲۵)

ت) منیزیم (۰/۲۵)

۱۰- الف) الکترولیتی (۰/۲۵) ـ زیرا برای انجام آن از باتری استفاده شده است یا چون این واکنش به صورت طبیعی انجام نمی‌شود. (۰/۲۵)

ب) بخش B (۰/۲۵) ـ زیرا به قطب مثبت باتری متصل است. (۰/۲۵)

پ) Al (۰/۲۵) و CO_2 (۰/۲۵)

۱۱- الف) گاز هیدروژن (۰/۲۵)

ب) بله (۰/۲۵) ـ زیرا با آلاینده‌ها واکنش می‌دهد. (۰/۲۵)

پ) تولید گاز با ایجاد فشار و رفتار مکانیکی، بازکردن مجاری را تسهیل می‌کند. (۰/۵)

۱۲- معادلهٔ (II) (۰/۲۵) ـ زیرا آنتالپی فروپاشی، گرمای مصرف‌شده (۰/۲۵) برای فروپاشی یک مول جامد یونی (۰/۲۵) و تبدیل آن به یون‌های گازی سازنده است. (۰/۲۵)

۱۳- الف) $\underbrace{\frac{\text{بار یون}}{\text{شعاع یون}}}_{(۰/۲۵)}=\frac{2}{140}=\underbrace{0/014}_{(۰/۲۵)}$ نسبت بار به شعاع

ب) K^+ با S^{2-} (۰/۲۵) زیرا چگالی بار در این یون‌ها کم‌تر است. (۰/۲۵)

۱۴- الف) کم می‌شود (۰/۲۵)

ب) گرماده (۰/۲۵) ـ زیرا با افزایش دما واکنش در جهت برگشت پیش رفته و از مقدار فراورده‌ها کاسته شده است. (۰/۵)

پ) K_2 (۰/۲۵) ـ چون واکنش در جهت رفت گرماده است پس هر چه دما پایین‌تر باشد میزان پیشرفت واکنش بیشتر است. (۰/۵)