فصل هفتم

مولکول‌ها در خدمت تندرستی

درباره این فصل

فصل ۱ کتاب شیمی دوازدهم، هفتمین فصل از کتاب جت است. مولکول‌ها در خدمت تندرستی عنوانی است که برای این فصل مهم انتخاب شده است و نشان می‌دهد که این فصل در مورد پاک‌کننده‌ها و اسید و باز است.
به عنوان پیش نیاز این فصل، حتما باید استوکیومتری به سبک زیر و رو نویسی را آموخته باشید. به شما نوید این را می‌دهم که در مبحث اسید و باز قرار است شما را از بند تمام فرمول‌ها رها کنم، پس به استقبال ۱۴ صفحه درسنامه جذاب این فصل برویم.

تعداد تست این فصل در کنکور: ۳ تست مستقیم

تعداد جلسات جت: ۲ جلسه

ایران تندرستی
توشه ای برای موفقیت

درسنامه مولکول‌ها در خدمت تندرستی

مقدمه

- پاکیزگی و بهداشت
  - تاریخی
    - یکی از دلایل اسکان کنار رودخانه ← دسترسی آب
    - حفاری‌های بابل ← استفاده از موادی شبیه صابون امروزی در چند هزار سال پیش
    - نیاکان ما پی بردند: آغشته کردن ظروف چرب به خاکستر + شستشو با آب گرم ← تمیزی آسان‌تر
  - وبا
    - سطح بهداشت پایین در گذشته ← همه‌گیری چندباره وبا در طول تاریخ و گرفتن جان میلیون‌ها انسان
    - علت: آلوده شدن آب و نبود بهداشت (هنوز هم تهدید است)
    - پیشگیری: ساده‌ترین و مؤثرترین راه ← رعایت بهداشت فردی و همگانی
  - امید به زندگی
    - تعریف: شاخصی که نشان می‌دهد انسان‌ها به طور میانگین چند سال عمر می‌کنند (تحت تأثیر پیشگیری و درمان بیماری‌ها)
    - تغییرات: با گذشت زمان افزایش یافته است ← رشد در نواحی کم‌برخوردار بیشتر از نواحی برخوردار
    - امروزه: برای بیشتر مردم جهان در حدود ۸۰ـ۷۰ سال است.
    - در کشورها و شهرهای مختلف با هم تفاوت دارد.

پاکیزگی محیط با مولکول‌ها

- شوینده و آلاینده
  - آلاینده
    - تعریف: موادی که بیش از مقدار طبیعی در یک محیط، نمونه ماده یا جسم وجود دارند.
    - مثال: گل و لای آب، گرد و غبار و CO، C_xH_y، NO، NO_2، O_3 تروپوسفری و SO_3 در هوا و لکه‌های چربی و مواد غذایی روی پوست و لباس‌ها
  - انحلال
    - قاعده: مواد قطبی در حلال‌های قطبی و مواد ناقطبی در حلال‌های ناقطبی حل می‌شوند.
    - نیروها: جاذبه میان حلال و حل شونده $>$ $\frac{\text{جاذبه میان حلال} + \text{جاذبه میان حل شونده}}{2}$
    - مواد محلول در آب: الکل‌های ۱ تا ۵ کربنی، کربوکسیلیک اسیدهای سبک، اوره، متیل آمین، گلوکز (عسل و شکر)، ویتامین C، استون، نمک‌ها (جز ۶ نمک نامحلول) مانند صابون
    - مواد نامحلول در آب: هیدروکربن‌ها (C_xH_y)، الکل‌های ۹ کربنی و بیشتر، چربی‌ها، ویتامین‌های DAKE، ید (و مولکول‌های ناقطبی مشابه) و نمک‌های $AgCl$، $Ca_3(PO_4)_2$، $BaSO_4$، $Fe(OH)_2$، $Fe(OH)_3$ و $Mg(OH)_2$
  - چربی‌ها
    - اسیدهای چرب: کربوکسیلیک اسیدهای بلند زنجیر ($C_nH_{2n}O_2$)
    - استرهای بلند زنجیر
      - سیر نشده
        - ویژگی‌ها: حالت فیزیکی مایع و واکنش‌پذیری بیشتر
        - مثال: روغن زیتون ← $C_{57}H_{104}O_6$ (واکنش ۳ اسید چرب $C_{18}H_{34}O_2$ و یک الکل سه عاملی $C_3H_8O_3$)
      - سیر شده
        - ویژگی‌ها: حالت فیزیکی جامد و واکنش‌پذیری کمتر
        - مثال: چربی کوهان شتر ← $C_{57}H_{110}O_6$ (واکنش ۳ اسید چرب $C_{18}H_{36}O_2$ و یک الکل سه عاملی $C_3H_8O_3$)

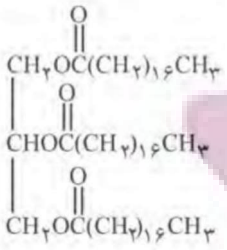
نکات:

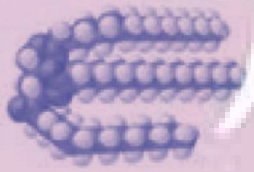
۱ـ عسل به راحتی با آب شسته می‌شود چون شمار قابل توجهی گروه هیدروکسیل دارد، (نه هیدروکسید) و با آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند.

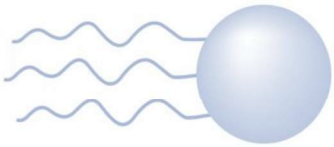
۲ـ شکل‌های مربوط به اسیدهای چرب در کتاب درسی:

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$$

۳ـ شکل‌های مربوط به استرهای بلند زنجیر در کتاب درسی:







۴ـ واکنش روبرو واکنش تولید صابون جامد است: $RCOOH + NaOH \rightarrow RCOONa + H_2O$

پس صابون را می‌توان نمک سدیم اسیدهای چرب دانست. در واکنش بالا R یک زنجیر بلند هیدروکربنی است.

تمرین ۱: در مورد چربی‌ها به سوالات زیر پاسخ دهید.

الف) فرمول عمومی اسیدچرب‌ها و استرهای سه عاملی را بنویسید.

ب) بخش قطبی و ناقطبی اسید چرب و استر بلند زنجیر را مشخص کنید و در هر کدام چه بخشی غالب است؟

پ) اسید چربی سیر شده که دارای ۳۶ هیدروژن است، در بخش ناقطبی خود چند گروه CH_2 دارد؟

ت) عدد اکسایش کربن را در گروه‌های عاملی اسید چرب و استرهای بلند زنجیر بنویسید.

ث) نیروی بین مولکولی غالب در چربی از چه نوعی است؟

ج) برای آبکافت ۸۹ گرم چربی کوهان شتر به چند گرم آب نیاز است و چند مول الکل تولید می‌شود؟

چ) ۰/۵ مول روغن زیتون با چند مول سدیم هیدروکسید واکنش می‌دهد و چند مول صابون تولید می‌شود؟

تمرین ۲: جدول زیر را تکمیل کنید.

نام ماده / ویژگی	اتیلن‌گلیکول (ضدیخ)	بنزین	اوره	روغن زیتون	وازلین
فرمول شیمیایی	$C_2H_6O_2$ CH_2OHCH_2OH	C_8H_{18}	CON_2H_4	$C_{57}H_{104}O_6$	$C_{25}H_{52}$
پیوند هیدروژنی				ندارد	
قطبی	است				
محلول در آب یا هگزان		هگزان			

ریدینگ اتیلن گلیکول

اتیلن گلیکول یک الکل $\frac{\text{یک}}{\text{دو}}$ عاملی با فرمول مولکولی $\frac{C_2H_6O_2}{C_2H_4(OH)_2}$ است که مجموع عدد اکسایش کربن‌ها در آن $\frac{+2}{-2}$ است و نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی به ناپیوندی در آن مشابه متیل اتانوات $\frac{\text{است}}{\text{نیست}}$. تعداد گروه‌های هیدروکسیل در این الکل ۲ برابر $\frac{\text{کلسترول}}{\text{ویتامین } C}$ است.

اتیلن گلیکول در میدان الکتریکی جهت گیری $\frac{\text{می‌کند}}{\text{نمی‌کند}}$ و نیروی بین مولکولی آن مشابه $\frac{\text{اوره}}{\text{استون}}$ است و نقطه جوش $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$ از اتانول دارد. در دمای اتاق اتیلن گلیکول $\frac{\text{مایعی}}{\text{گازی}}$ با رنگی مشابه $\frac{CCl_4}{CHCl_3}$ و $\frac{\text{هگزان}}{\text{هگزن}}$ و $\frac{\text{متانول}}{\text{اتانول}}$ است.

اتیلن گلیکول به صورت $\frac{\text{خالص}}{\text{محلول}}$ به عنوان ضد یخ در موتور خودروها استفاده می‌شود که $\frac{\text{سبز}}{\text{قرمز}}$ رنگ است. اتیلن گلیکول $\frac{\text{الکترولیت}}{\text{غیر الکترولیت}}$ است و انحلال $\frac{\text{مولکولی}}{\text{یونی}}$ دارد و محلول آن $\frac{\text{رسانا}}{\text{نارسانا}}$ است. محلول سیرشده‌ی اتیلن گلیکول در آب را $\frac{\text{می‌توان}}{\text{نمی‌توان}}$ تهیه کرد.

اتیلن گلیکول در نفت خام وجود ندارد و آن را می‌توان از واکنش $\frac{\text{اتن}}{\text{اتین}}$ با محلول $\frac{\text{آبی}}{\text{آلی}}$ و $\frac{\text{غلیظ}}{\text{رقیق}}$ پتاسیم پرمنگنات تهیه کرد که عدد اکسایش کربن در این واکنش از $\frac{\text{۱- به ۲-}}{\text{۲- به ۱-}}$ می‌رسد. از واکنش اتیلن گلیکول با $\frac{\text{پارازایلن}}{\text{ترفتالیک اسید}}$ می‌توان پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) را سنتز کرد که یک $\frac{\text{پلی استر}}{\text{پلی آمید}}$ است.

ریدینگ بنزین

بنزین مخلوطی از آلکان‌های $\frac{\text{۵ تا ۱۲}}{\text{۱۰ تا ۱۵}}$ $\frac{\text{کربنی}}{\text{هیدروژنی}}$ است که فرمول آن $\frac{C_8H_{18}}{C_6H_{14}}$ است. بنزین جزو قسمت‌های با چگالی $\frac{\text{کمتر}}{\text{بیشتر}}$ نفت خام است و در قسمت‌های $\frac{\text{بالاتر}}{\text{پایین‌تر}}$ برج تقطیر جدا می‌شود. مولکول‌های بنزین سیر $\frac{\text{شده}}{\text{نشده}}$ هستند و در اثر اضافه کردن به آب، یک $\frac{\text{مخلوط}}{\text{محلول}}$ ایجاد می‌شود که مولکول‌های $\frac{\text{آب}}{\text{بنزین}}$ بالاتر قرار می‌گیرد. بنزین در ساختار خود $\frac{۲۵}{۲۴}$ جفت الکترون پیوندی دارد و الکترون ناپیوندی $\frac{\text{دارد}}{\text{ندارد}}$ و برای نمایش آن با ساختار پیوند–خط از $\frac{۸}{۷}$ خط استفاده می‌کنیم.

ریدینگ اوره

اوره یک آمید / آمین با فرمول $\frac{Co(NH_2)_2}{CO(NH_2)_2}$ است که تعداد اتم‌های آن $\frac{2}{0/5}$ برابر تعداد عناصر آن است و $\frac{20}{30}$ درصد جرمی آن کربن است. نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی به جفت الکترون‌های ناپیوندی در اوره مشابه این نسبت در فرمالدهید / متانول است. عدد اکسایش اتم کربن / نیتروژن در آن مشابه عدد اکسایش اتم کربن در کربن تتراکلرید / کلروفرم است.

اوره یک مولکول قطبی / ناقطبی است که در استون حل می‌شود / نمی‌شود و نیروی بین مولکولی در آن با استون یکسان / متفاوت و نقطه جوش آن از استون کمتر / بیشتر است. با افزودن مقداری از آن به هگزان / اتانول، مولکول‌های اوره کنار هم باقی می‌مانند / نمی‌مانند و میانگین جاذبه‌ها در حلال و حل شونده خالص از میانگین جاذبه‌های میان حلال و حل شونده بزرگ‌تر است.

ریدینگ روغن زیتون

روغن زیتون با فرمول مولکولی $\frac{C_{57}H_{110}O_6}{C_{57}H_{104}O_6}$ یک استر سبک / سنگین است که از یک / سه الکل یک / سه عاملی با فرمول $\frac{C_3H_8O}{C_3H_8O_3}$ و یک / سه اسید چرب سه / یک عاملی با فرمول $\frac{C_{18}H_{36}O_2}{C_{18}H_{34}O_2}$ تشکیل یافته است.

روغن زیتون یک مولکول $\frac{\text{کوچک}}{\text{بزرگ غیر پلیمر}}$ / $\frac{\text{بزرگ پلیمر}}{}$ است که قطبی / ناقطبی است و در اتیلن گلیکول / هگزان حل می‌شود. در ساختار روغن زیتون $\frac{172}{174}$ جفت الکترون پیوندی و $\frac{12}{6}$ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد و $\frac{48}{42}$ گروه CH_2 دارد. روغن زیتون نسبت به چربی سیر شده / سیر نشده است و نقطه جوش کمتری / بیشتری دارد و حالت فیزیکی آن مایع / جامد است. گرمای ویژه‌ی روغن زیتون کمتر / بیشتر از آب است.

ریدینگ وازلین

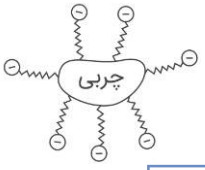
وازلین با فرمول مولکولی $\frac{C_{25}H_{52}}{C_{18}H_{38}}$ نوعی آلکان / آلکن محسوب می‌شود. در ساختار آن $\frac{52}{25}$ پیوند $C-H$ و $\frac{25}{24}$ پیوند $C-C$ دیده می‌شود و به ازای سوختن آن، تعداد مولکول‌های $\frac{CO_2}{H_2O}$ تولید شده یک عدد بیشتر است. وازلین از گریس گرانروی کمتر / بیشتر، چسبندگی بیشتر / کمتر، نقطه جوش بیشتر / کمتر و فرار بودن بیشتری / کمتری دارد.

	ویژگی / نوع مخلوط	پایداری	رفتار در برابر نور	ذره‌های سازنده	مثال
همگن	محلول	پایدار (ته‌نشین نمی‌شود)	نور را عبور می‌دهد	مولکول‌ها و یون‌ها	آب دریا، ضد یخ، گلاب، سرم فیزیولوژی، هوا، سرکه
ناهمگن	کلوئید	پایدار (ته‌نشین نمی‌شود)	نور را پخش می‌کند	توده‌های مولکولی و یونی با اندازه‌های متفاوت	شیر، ژله، سس مایونز، رنگ، مخلوط آب و روغن و صابون
	سوسپانسیون	ناپایدار (ته‌نشین می‌شود)	نور را پخش می‌کند	ذره‌های ریز ماده	شربت معده، شربت خاکشیر و دوغ

نکات:

۱ـ رفتار کلوئیدها را می‌توان رفتاری بین محلول‌ها و سوسپانسیون در نظر گرفت.
۲ـ پخش نور در کلوئیدها و سوسپانسیون‌ها به علت ذره‌های درشت‌تر آن‌ها از محلول‌ها است.
۳ـ مخلوط‌های صابون و آب، صابون و روغن و صابون و آب و روغن به ترتیب محلول، محلول و کلوئید هستند و مخلوط روغن و آب نه محلول است و نه کلوئید یا سوسپانسیون

بخش کاتیونی		بخش آنیونی
جامد	Na^+	
مایع	K^+ NH_4^+	
بخش قطبی (آب‌دوست و محلول در آب)		بخش ناقطبی (آب‌گریز و محلول در چربی)



- صابون
  - ساختار
    - آنیونی: $RCOO^-$ یا $C_nH_{2n-1}O_2^-$
    - کاتیونی
      - جامد: Na^+
      - مایع: K^+ یا NH_4^+
  - تولید: واکنش چربی با $NaOH$ (یا KOH یا NH_3)
  - آب سخت
    - تعریف: آب شور دریا و مناطق کویری که شامل مقادیر چشم‌گیری از یون‌های کلسیم Ca^{2+} و منیزیم Mg^{2+} است.
    - واکنش: $A^{2+} + 2RCOONa(aq) \rightarrow 2Na^+ + (RCOO)_2A(s)$
      - کاهش قدرت پاک‌کنندگی و خوب کف نکردن
      - ایجاد لکه‌های سفید پس از شستن لباس با صابون
  - عوامل مؤثر بر قدرت پاک‌کنندگی
    - دما: هر چه بالاتر بهتر (تأمین انرژی فعال‌سازی)
    - آنزیم: هر چه بیشتر بهتر (کاهش انرژی فعال‌سازی)
    - pH: هر چه بالاتر بهتر ⇐ افزودن جوش شیرین ⟵ افزایش قدرت صابون
    - فسفات: افزایش قدرت پاک‌کنندگی با واکنش با Mg^{2+} و Ca^{2+}
    - نوع آب: آب چشمه بهتر از آب سخت
    - نوع پارچه: پارچه نخی بهتر از پارچه پلی‌استری
  - خواص ویژه
    - صابون گوگرد دار: از بین بردن جوش صورت و قارچ‌های پوستی
    - صابون کلر دار: افزایش ضدعفونی کنندگی و میکروب کشی
    - صابون فسفات دار: افزایش قدرت پاک‌کنندگی و جلوگیری از تشکیل رسوب و لکه
  - سنتی
    - نوعی صابون سنتی: چرب کردن سطح سنگ‌ها در تنور سنگک
    - صابون مراغه
      - تولید: جوشاندن پیه گوسفند و سود سوآور به مدت چندین ساعت ⟵ قالب گیری کردن
      - قدمت: بیش از ۱۵۰ سال
      - شهرها: مراغه، آشتیان، رودبار و ...
      - ویژگی: افزودنی شیمیایی ندارد و به دلیل خاصیت بازی برای موهای چرب مناسب است.
  - چالش‌ها
    - ۱ـ نیاز به مقدار زیادی چربی برای تولید صابون در مقیاس انبوه ⟵ افزایش قیمت صابون
    - ۲ـ خوب عمل نکردن صابون در همه شرایط (مانند سفرهای دریایی و صنایع وابسته به آب شور)

نکات:

۱ـ صابون می‌تواند فاقد عنصر فلزی باشد. (صابون با کاتیون آمونیوم)

۲ـ مواد شیمیایی بیشتر در شوینده ⟵ عوارض جانبی بیشتر ⇐ استفاده از شوینده‌های ملایم، طبیعی و مناسب توصیه می‌شود.

۳ـ R در صابون‌ها باید تعداد زیادی کربن (حداقل ۱۰ عدد) داشته باشد.

تمرین ۳: در مورد صابونی جامد با ۳۳ هیدروژن: ($Mg = ۲۴, H = ۱, O = ۱۶, C = ۱۲, Na = ۲۳ ; g.mol^{-۱}$)

الف) این صابون در قسمت ناقطبی دارای چند کربن است؟

ب) جرم مولی صابون چند $g.mol^{-۱}$ است؟

پ) درصد جرمی کربن در این صابون چند برابر درصد جرمی اکسیژن است؟

ت) برای تولید ۵۶ گرم از این صابون، چند گرم $NaOH$ مصرف شده است و این مقدار صابون با چند گرم Mg رسوب می‌کند؟

در جست و جوی پاک‌کننده‌های جدید

بخش کاتیونی	بخش آنیونی
Na^+	
بخش قطبی (آب‌دوست و محلول در آب)	بخش ناقطبی (آب‌گریز و محلول در چربی)

- پاک‌کننده غیر صابونی
  - ساختار
    - آنیونی $R(C_6H_4)SO_3^-$ یا $C_nH_{2n-7}SO_3^-$
      - قطبی: SO_3^- ← بخش آب‌دوست و محلول در آب
      - ناقطبی: $R(C_6H_4)$ یا C_nH_{2n-7} ← زنجیر هیدروکربنی و حلقه‌ی بنزنی
    - کاتیونی Na^+
  - تولید
    - طی واکنش‌های پیچیده از بنزن و دیگر مواد اولیه پتروشیمیایی در صنعت
  - مقایسه با صابون
    - ۱ـ برای تولید نیاز به چربی ندارد ← قیمت مناسب
    - ۲ـ قدرت پاک‌کنندگی بیشتری دارد و در آب سخت نیز به خوبی کف می‌کند.

نوع پاک‌کننده / ویژگی	پاک‌کننده صابونی	پاک‌کننده غیر صابونی
فرمول کلی	$RCOO^-Na^+$	$RC_6H_4SO_3^-Na^+$
بخش ناقطبی	R	RC_6H_4
بخش قطبی	COO^-	SO_3^-
حلقه بنزنی	ندارد	دارد
در آب سخت	خاصیت پاک‌کنندگی آن کاهش می‌یابد و رسوب می‌دهد	خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کند و رسوب نمی‌دهد
روش تولید	از واکنش چربی با سود سوز آور ساخته می‌شود	طی واکنش‌های پیچیده از مواد پتروشیمیایی در صنعت تولید می‌شود
پیوند دوگانه	یک پیوند دوگانه $C=O$	سه پیوند دوگانه $C=C$

تمرین ٤: اگر تعداد هیدروژن‌های یک پاک‌کننده‌ی غیرصابونی ۱۱ برابر تعداد اکسیژن‌های آن باشد:

الف) درصد جرمی کربن در این پاک‌کننده چند برابر درصد جرمی اکسیژن است؟

ب) این پاک‌کننده دارای چند اتم و چند عنصر است؟

پ) تعداد گروه‌های CH_2 چند برابر تعداد گروه‌های CH است؟

ت) یک پاک‌کننده‌ی صابونی با تعداد کربن برابر، دارای چند اتم هیدوژن است؟

ث) یک پاک‌کننده‌ی صابونی با تعداد هیدروژن برابر، دارای چند اتم کربن است؟

پاک‌کننده‌های خورنده

- پاک‌کننده خورنده
  - انواع
    - اسید: هیدروکلریک اسید (جوهر نمک)
    - باز: سدیم هیدروکسید (سود سوز آور) و سفید کننده‌ها
  - ویژگی شیمیایی ← فعال و دارای خاصیت خورندگی ⇐ عدم تماس با پوست
  - اساس عمل ← برهم‌کنش با آلاینده‌ها + واکنش با آن‌ها (صابون و غیر صابونی فقط برهم‌کنش)
  - کاربرد ← زدودن رسوب از دیواره کتری و دیگ‌های بخار (با HCl) و لوله‌ها (با $NaOH$) با تبدیل کردن به فراورده‌های قابل شست‌وشو
  - مثال: مخلوط $NaOH$ و پودر Al ← زدودن چربی همراه با تولید گرما و گاز هیدروژن و صابون
- پاک‌کننده‌ها
  - صابونی
    - جامد: $RCOO^- + Na^+$
    - مایع: $RCOO^- + K^+$ یا NH_4^+
  - غیر صابونی
    - $R(C_6H_4)SO_3^- + Na^+$
  - خورنده
    - اسیدی: جوهر نمک (HCl)
    - قلیایی: سود سوزآور $(NaOH)$ یا سفیدکننده‌ها

اسیدها و بازها

اسید و باز

بررسی تاریخی
- ابتدا ویژگی‌ها و برخی واکنش‌های اسیدها و بازها شناخته‌شده بود و سپس ساختار آن‌ها شناخته شد.
- سوانت آرنیوس:
  - نخستین کسی که اسیدها و بازها را بر مبنای علمی توصیف کرد.
  - کار بر روی رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی ⟸ نشان داد محلول اسیدها و بازها به میزان متفاوت رسانای جریان برق هستند.
- مدل اسید و باز آرنیوس:
  - اسید: با انحلال در آب غلظت یون هیدرونیوم (H_3O^+) افزایش می‌یابد.
  - باز: با انحلال در آب غلظت یون هیدروکسید (OH^-) افزایش می‌یابد.

محلول
- اسیدی: $[OH^-] < [H^+]$
- خنثی: $[OH^-] = [H^+]$
- بازی: $[OH^-] > [H^+]$

مولکول‌ها

اسید
- H^+ دار: ۱ـ هیدروژن هالید: HF، HCl، HBr، HI ۲ـ هیدروژن + یون چند اتمی: HNO_3، HNO_2، H_2SO_4، HCN
  ۳ـ کربوکسیلیک اسیدها: فرمیک اسید، استیک اسید $HA \rightarrow H^+ + A^-$
- اکسید نافلزی: اکسیدهای کربن (CO_2)، نیتروژن (NO، NO_2 و N_2O_5) و گوگرد (SO_2 و SO_3)
  $N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$ و $NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3$ و $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

باز
- OH^- دار: ۱ـ هیدروکسید فلزهای قلیایی: $LiOH$ و $NaOH$ و KOH $AOH \rightarrow A^+ + OH^-$
  ۲ـ هیدروکسید فلزهای قلیایی خاکی: $Mg(OH)_2$ و $Ca(OH)_2$ و $Ba(OH)_2$ $A(OH)_2 \rightarrow A^{2+} + 2OH^-$
- اکسید فلزی: ۱ـ اکسید فلزهای قلیایی: Li_2O و Na_2O و K_2O $A_2O + H_2O \rightarrow 2AOH$
  ۲ـ اکسید فلزهای قلیایی خاکی: MgO و CaO و BaO $AO + H_2O \rightarrow A(OH)_2$
- آمونیاک (NH_3) $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

مواد
- اسید: خانواده کربوکسیلیک اسیدها (اسید مورچه، سرکه، اسیدهای موجود در سیب، انگور، ریواس، پرتقال، لیمو، کیوی و گوجه سبز)، اغلب میوه‌ها، شیر ترش شده (لاکتیک اسید)، آب گازدار و قسمتی از نفت خام
- باز: جوش شیرین، صابون‌ها، شربت معده، محلول‌های شیشه پاک‌کن و لوله بازکن، خون، محیط روده

مزه
- اسیدهای خوراکی: ترش
- بازها: تلخ

رنگ
- کاغذ pH: اسید سرخ و باز آبی (pH تقریبی را نیز نشان می‌دهد)
- گل ادریسی: اسید آبی و باز سرخ

نکات:

۱ـ اسیدها با اغلب فلزها (جز طلا، پلاتین، نقره و مس) واکنش می‌دهد و در تماس با پوست سوزش ایجاد می‌کنند ⟸ برگشت محتویات اسیدی معده به لوله مری ⟵ سوزش معده

۲ـ ورود مواد غذایی به معده ⟵ ترشح HCl توسط یاخته‌های دیواره معده برای فعال کردن آنزیم برای تجزیه غذا و از بین بردن جانداران ذره‌بینی موجود در غذا ⟵ جذب مقدار کمی از یون‌های هیدرونیوم توسط دیواره داخلی معده به طور طبیعی ⟵ نابودی سلول‌های سازنده دیواره معده

۳ـ بازها در سطح پوست همانند صابون احساس لیزی ایجاد می‌کنند اما به آن آسیب نیز می‌زنند.

۴ـ اغلب داروها اسیدی یا بازی هستند، برای کاهش میزان اسیدی بودن خاک به آن آهک می‌افزایند و ورود فاضلاب‌های صنعتی به محیط زیست سبب تغییرات pH می‌شود.

۵ـ H^+ در آب به شکل H_3O^+ (هیدرونیوم) دیده می‌شود، اما در منابع علمی برای آسانی از همان H^+ برای نوشتن استفاده می‌شود.

۶ـ هر ماده‌ای که OH در ساختار آن دیده می‌شود الزاماً باز نیست: ۱ـ $NaOH$ (باز) ۲ـ CH_3OH (خنثی) ۳ـ $HCOOH$ (اسید)

۷ـ اکسیدهای گوگرد و نیتروژن اسیدهای قوی و CO_2 یک اسید ضعیف است.

ریدینگ HCl

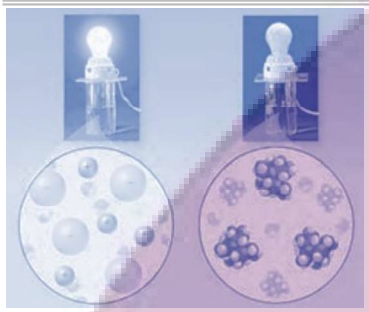
$HCl\ (g)$ یا هیدروژن کلرید، یک ترکیب $\frac{\text{مولکولی}}{\text{یونی}}$ با خاصیت اسیدی است. به محلول آن یعنی $HCl\ (aq)$، هیدروکلریک اسید می‌گویند که جزو اسیدهای قوی است. هیدروکلریک اسید همان اسید معده نیز می‌باشد که یاخته‌های دیواره‌ی معده با ورود غذا به معده آن را ترشح می‌کنند و علاوه بر فعال کردن آنزیم‌ها، جانداران ذره‌بینی موجود در غذا را نیز از بین می‌برد.

هیدروکلریک اسید به عنوان یک شوینده خورنده نیز کاربرد دارد که به آن $\frac{\text{جوهر نمک}}{\text{جوهر سرکه}}$ می‌گویند و برای رسوبات $\frac{\text{قلیایی}}{\text{اسیدی}}$ به کار می‌رود. HCl یک مولکول قطبی است و $\frac{\text{دارای}}{\text{فاقد}}$ پیوند هیدروژنی است. طول پیوند آن از HF $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$، آنتالپی پیوند آن از HBr $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$ و نقطه‌جوش آن از HF $\frac{\text{کمتر}}{\text{بیشتر}}$ و از HBr $\frac{\text{کمتر}}{\text{بیشتر}}$ است.

قدرت اسیدی HCl از HF $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$ و از HBr $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$ است.

	طول پیوند	آنتالپی پیوند	قدرت اسیدی	نقطه‌ی جوش
HF	۴	۱	۴	۱
HCl	۳	۲	۳	۴
HBr	۲	۳	۲	۳
Hi	۱	۴	۱	۲

رسانایی الکتریکی محلول‌ها و قدرت اسیدی

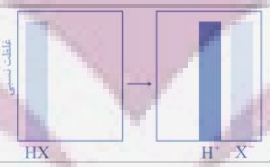
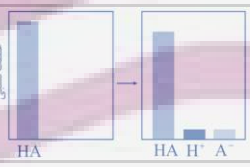


- انواع ترکیب‌ها از نظر الکترولیت بودن
  - الکترولیت: موادی با انحلال یونی
    - ترکیب‌های یونی (نمک‌ها) ← تفکیک
    - ترکیب‌های مولکولی اسید و باز ← یونش
  - غیر الکترولیت: موادی با انحلال مولکولی
    - تمام مولکول‌ها جز اسیدها و بازها (مانند الکل و شکر)

- رسانای
  - الکترونی: رسانایی در آن‌ها به وسیله‌ی الکترون‌ها انجام می‌شود
    - فلزات
    - گرافیت
  - یونی: رسانایی در آن‌ها به وسیله‌ی یون‌ها انجام می‌شود
    - نمک‌های مذاب
    - محلول الکترولیت

جنبش‌ها آزادانه و نامنظم که در مدار یون‌ها به سمت قطب ناهمنام می‌روند.

نکته: همه محلول‌های یونی رسانایی یکسانی ندارند ← یکی از روش‌های تعیین $[H^+]$ سنجش رسانایی الکتریکی محلول‌های آبی است.

مقایسه / قدرت اسید	اسید قوی (مانند HCl)	اسید ضعیف (مانند HF)
میزان یونیده شدن	کامل	جزئی
نمودار یونیده شدن		
نوع واکنش	برگشت ناپذیر و یک‌طرفه →	برگشت پذیر (تعادلی) ⇌
شمار گونه‌های حل شونده	۲ گونه (H^+ و Cl^-)	۳ گونه (HF، H^+ و F^-)
نوع انحلال	فقط یونی	مولکولی (عمده) و یونی (اندک)
غلظت گونه‌های حل شونده	$[H^+] = [Cl^-] > [HCl] =$ صفر	$[H^+] = [F^-] < [HF]$
M مول اسید در ۱ لیتر	غلظت محلول $= 2M$	غلظت محلول $< 2M$
K_a یا ثابت یونش اسید	بزرگ	کوچک
درصد و درجه یونش	$\alpha \cong 1$	$\alpha < 1$
$[H^+]$ در M یکسان	بیشتر	کمتر
نور لامپ در M یکسان	بیشتر	کمتر
pH در M یکسان	کمتر	بیشتر
سرعت واکنش با Mg در M یکسان	بیشتر	کمتر
اسیدهای روزمره	برخی	اغلب

نکته: HCl یک اسید تک پروتون‌دار و H_2SO_4 یک اسید دو پروتون‌دار است.

درجه و درصد یونش:
- α یا درجه یونش ← $\frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده (یا شمار مول‌ها یا غلظت)}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل شده (یا شمار مول‌ها یا غلظت)}}$
- $\alpha \times 100$ یا درصد یونش ← $\frac{\text{شمار مولکول‌های یونیده شده (یا شمار مول‌ها یا غلظت)}}{\text{شمار کل مولکول‌های حل شده (یا شمار مول‌ها یا غلظت)}} \times 100$

مثال: درجه یونش ۰.۰۴ یا درصد یونش ۴ درصد ⇐ HA

مجموعاً ۱/۰۴:
- ۰.۹۶ به صورت مولکولی
- ۰.۰۴ یونیده:
  - H^+ ۰.۰۴
  - A^- ۰.۰۴

تمرین ۵: در محلول اسید HA، به ازای هر ۸ مولکول یونیده نشده، ۴ یون یافت می‌شود:

الف) درجه و درصد یونش را محاسبه کنید.

ب) غلظت گونه‌ها در اثر انحلال چند درصد و چگونه تغییر کرده است؟

پ) در محلول چند مولار این اسید، غلظت H^+ به ۰/۳ مول بر لیتر می‌رسد؟

ثابت تعادل اسیدی و PH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن

واکنش تعادلی ۲

واکنش برگشت پذیر یا دو طرفه (⇌) است:
- هم زمان واکنش‌های رفت و برگشت به طور پیوسته انجام می‌شوند.
- همه‌ی واکنش‌دهنده‌ها به فراورده تبدیل نمی‌شوند.

بعد از رسیدن به تعادل (سامانه تعادلی):
- غلظت: غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند.
- سرعت: سرعت واکنش در جهت رفت و برگشت برابر می‌شود ← هر مقدار از فراورده یا واکنش‌دهنده تولید شود، همان مقدار مصرف می‌شود.
- سرعت کلی واکنش به صفر می‌رسد.

واکنش‌های برگشت‌پذیر:
- $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$
- $2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$
- $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$
- $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$
- $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$
- $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$
- $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$
- استر + H_2O ⇌ الکل + کربوکسیلیک اسید
- انحلال اسید و بازهای ضعیف در آب

ثابت یونش اسیدها:
- رابطه: $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$
  - همواره $[H^+] = [A^-]$
  - غلظت‌های تعادلی گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش آورده می‌شود.
- بیانی از میزان پیشرفت واکنش ⇐ هرچه K_a بیشتر ← یونیده شدن بیشتر ← غلظت یون‌ها بیشتر ← اسید قوی‌تر
- وابستگی: برای هر اسیدی تنها به دما بستگی دارد و به غلظت اولیه مواد و ... بستگی ندارد.
- مقایسه: $HCN < CH_3COOH < HCOOH < HNO_2 < HF < HNO_3 < H_2SO_4 < HCl < HI < HBr$
  - اسید ضعیف (⇌): $HCN < CH_3COOH < HCOOH < HNO_2 < HF$ — K_a کوچک
  - HNO_3 — K_a بزرگ
  - اسید قوی (→): $H_2SO_4 < HCl < HI < HBr$ — K_a بسیار بزرگ

فرمول شیمیایی	نام در حالت گازی	نام در حالت محلول
HF	هیدروژن فلوئورید	هیدروفلوئوریک اسید
HCl	هیدروژن کلرید	هیدروکلریک اسید
HBr	هیدروژن برمید	هیدرو برومیک اسید
HI	هیدروژن یدید	هیدرویدیک اسید
HCN	هیدروژن سیانید	هیدروسیانیک اسید

فرمول شیمیایی	نام علمی	نام خاص
$HCOOH$	متانوییک اسید یا فرمیک اسید	جوهر مورچه
CH_3COOH	اتانوییک اسید یا استیک اسید	جوهر سرکه
HCl	هیدروکلریک اسید	جوهر نمک یا اسید معده

نکات:

۱ـ در هیدرهالیک اسیدها هرچه هالوژن سنگین‌تر می‌شود، اسید قوی‌تر می‌شود ← $HF < HCl < HBr < HI$

۲ـ در کربوکسیلیک اسیدها هرچه R سبک‌تر می‌شود، اسید قوی‌تر می‌شود ← $CH_3COOH < HCOOH$

۳ـ نیتریک اسید (HNO_3) از نیترواسید (HNO_2) قوی‌تر است.

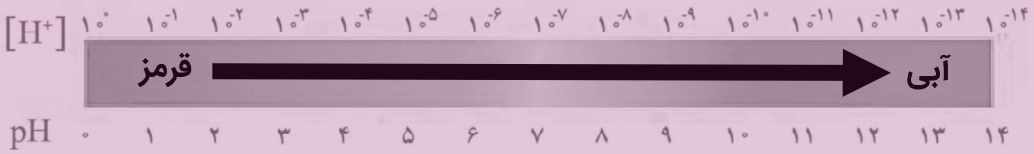
۴ـ SO_2 و NO_2 اسیدهای قوی و CO_2 یک اسید ضعیف است. $(HCN < H_2CO_3 < CH_3COOH)$

۵ـ در غلظت و دمای یکسان اسیدی که با سرعت بیشتری با منیزیم واکنش می‌دهد، اسید قوی‌تری است.

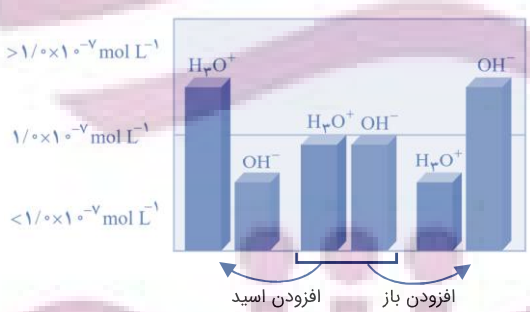
PH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن

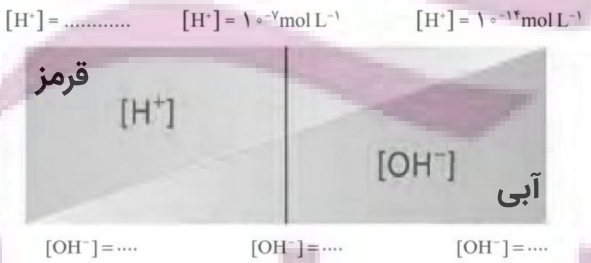
pH

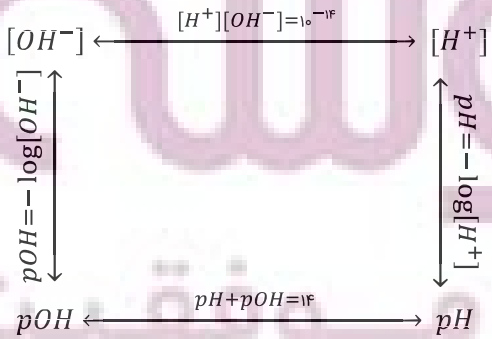
- رابطه: $pH = -log[H^+]$ ⇐ هرچه $[H^+]$ بیشتر باشد، pH کمتر می‌شود.
- هدف: پرهیز از بیان غلظت‌های کم و بسیار کم یون هیدرونیوم ← ارائه اعدادی ساده‌تر و قابل فهم‌تر
- گستره: برای محلول‌های آبی در دمای اتاق از صفر تا ۱۴
  - محلول اسیدی ⇐ (۰و۷)
  - محلول خنثی ⇐ ۷
  - محلول بازی ⇐ (۷و۱۴)



ویژگی / محلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	مقایسه $[H^+]$ و $[OH^-]$	$[H^+] \times [OH^-]$	pH	pOH	مقایسه pOH و pH	$pOH + pH$	تغییر رنگ کاغذ pH
اسیدی	$[H^+] > 10^{-7}$	$[OH^-] < 10^{-7}$	$[H^+] > [OH^-]$	10^{-14}	$pH < 7$	$pOH > 7$	$pOH > pH$	۱۴	قرمز
خنثی	$[H^+] = 10^{-7}$	$[OH^-] = 10^{-7}$	$[H^+] = [OH^-]$	10^{-14}	$pH = 7$	$pOH = 7$	$pOH = pH$	۱۴	بدون تغییر رنگ
بازی	$[H^+] < 10^{-7}$	$[OH^-] > 10^{-7}$	$[H^+] < [OH^-]$	10^{-14}	$pH > 7$	$pOH < 7$	$pOH < pH$	۱۴	آبی

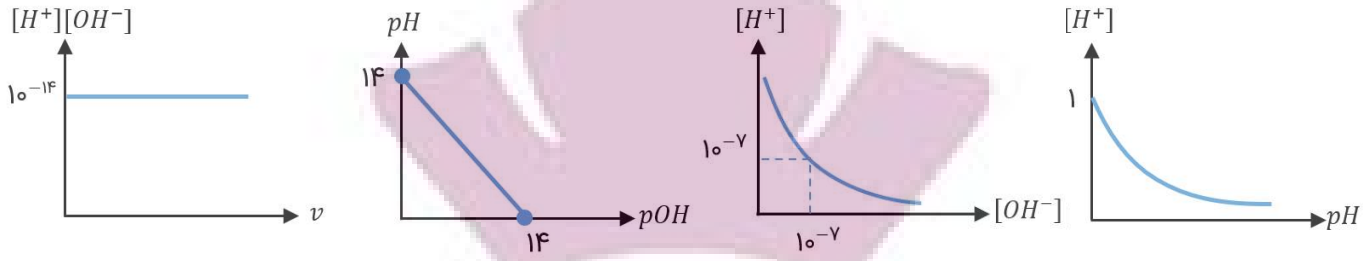






مطابق شکل روبه‌رو در دمای اتاق، در هر محلول حاصل‌ضرب $[H^+]$ در $[OH^-]$ می‌شود 10^{-14}. بنابراین اگر محلول خنثی باشد، هر دو 10^{-7} هستند و هرچه اسیدی‌تر شود $[H^+]$ افزایش می‌یابد و هرچه قلیایی‌تر شود $[OH^-]$ افزایش می‌یابد.

نمودارهای مهم این مبحث:



نکات:

۱ـ تمام اعداد بالا در دمای ۲۵درجه (دمای اتاق) برقرار هستند.

۲ـ آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد که به علت وجود مقدار بسیار کمی از یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید است.

۳ـ غلظت H^+ یا OH^- هیچ‌گاه به صفر نمی‌رسد.

۴ـ اگر بین $[H^+]$ و $[OH^-]$ یکی از آن‌ها $a \times 10^n$ باشد، دیگری $\frac{1}{a} \times 10^{-14+n}$ است.

تمرین ۶: در یک محلول اگر:

الف) $[H^+] = 10^{-4}$ باشد $[OH^-]$ ، pH و pOH را بیابید و رنگ کاغذ pH در این محلول کدام است؟

ب) $[H^+] = 2 \times 10^{-8}$ باشد، $[OH^-]$ را بیابید و رنگ کاغذ pH در این محلول کدام است؟

پ) $\frac{[H^+]}{[OH^-]} = 16 \times 10^6$ باشد، $[H^+]$ و $[OH^-]$ را بیابید و رنگ کاغذ pH در این محلول کدام است؟

دیدید که $-log$ گرفتن از اعداد وقتی 10^{-n} هستند ساده است، اما اگر غلظت‌ها به صورت $a \times 10^n$ بودند کار دشوارتر می‌شود که من برای رفع این دشواری، ستون لگاریتم را به شیوه‌ی زیر ابداع کرده‌ام:

	$[H^+]$	log	$\times -1$	pH
$log\ 2 = 0/3$	$\times 2$	$+ 0/3$		$- 0/3$
$log\ 3 = 0/5$	$\times 3$	$+ 0/5$		$- 0/5$
$log\ 5 = 0/7$	$\times 5$	$+ 0/7$		$- 0/7$
$log\ 7 = 0/85$	$\times 7$	$+ 0/85$		$- 0/85$
$log\ 10 = 1$	$\times 10$	$+1$		-1
$log\sqrt{10} = 0/5$	$\times \sqrt{10}$	$+ 0/5$		$- 0/5$

تمرین ۷: به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) اگر $[HCl] = 6 \times 10^{-3}$ باشد، pH چند می‌شود؟

ب) اگر $pH = 3/15$ باشد، $[H^+]$ چند می‌شود؟

پ) اگر $pOH = 3/7$ باشد، نسبت $\frac{[OH^-]}{[H^+]}$ چند می‌شود؟

ت) اگر $pOH = 12/8$ باشد، مجموع غلظت یون‌ها چقدر است؟

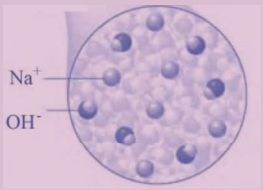
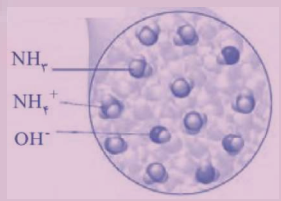
توجه: همانطور که می‌بینید در ستون $[H^+]$ همواره ضرب (و تقسیم) و در ستون log همواره جمع (و تفریق) داریم. بنابراین می‌توان از چندبرابری در ستون $[H^+]$ استفاده کرد و اختلاف را در ستون log و pH محاسبه کرد.

تمرین ۸: اگر در محلول اسید HA، غلظت هیدرونیم 11×10^{-4} و در محلول اسید HB غلظت هیدرونیم 22×10^{-3} باشد، pH محلول HB چقدر با HA اختلاف دارد؟

تمرین ۹: اگر pH محلول آمونیاک ۱۱/۰۵ و pH محلول $NaOH$ ۱۳/۹ باشد، $[OH^-]$ در محلول سود سوزآور چند برابر شیشه‌پاک‌کن است؟

توشه ای برای موفقیت

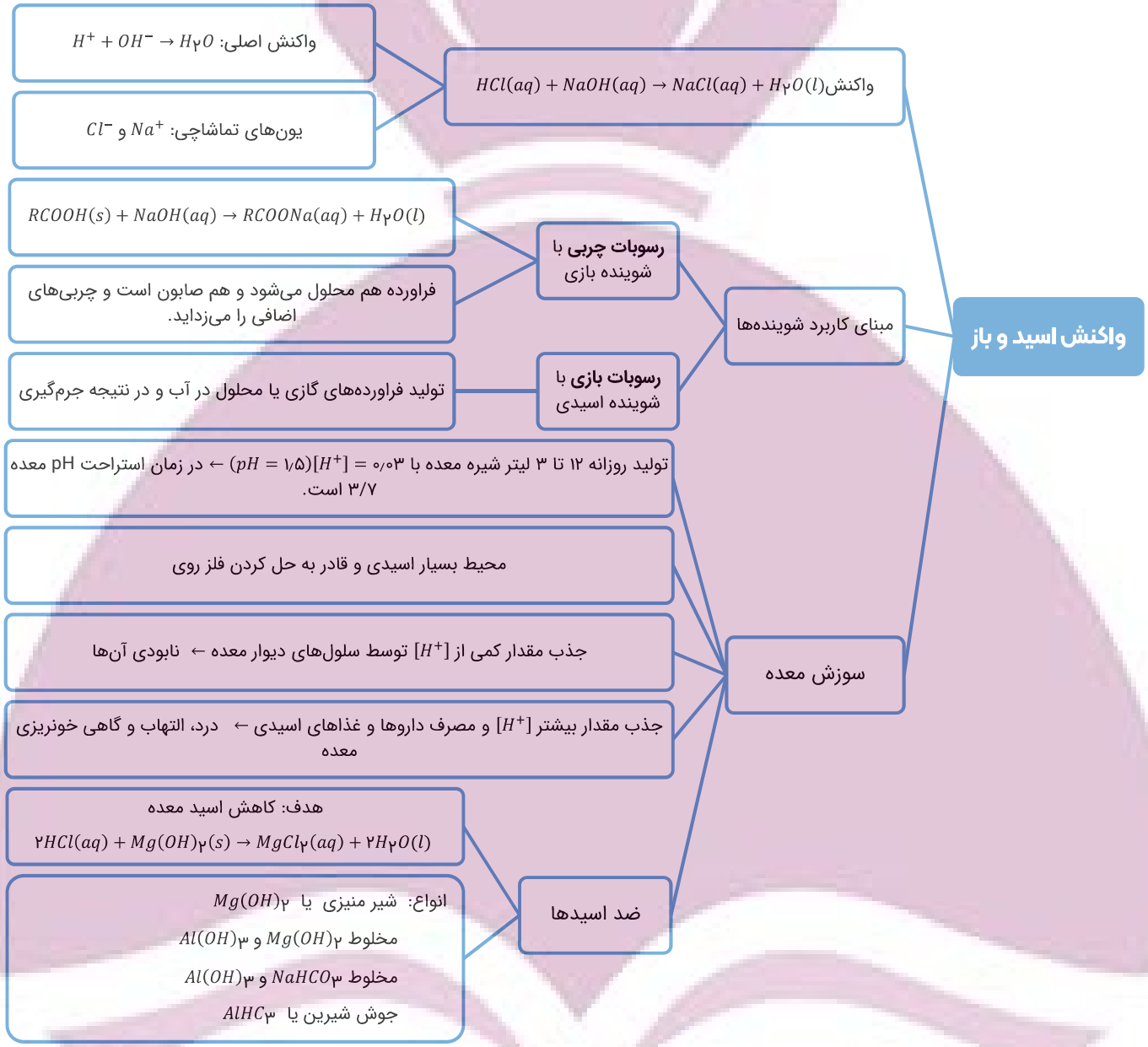
بازها محلول‌هایی با $۷ < pH \leq ۱۴$

مقایسه / قدرت باز	باز قوی	باز ضعیف
مثال	اکسید و هیدروکسید فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی	آمونیاک (NH_3)
میزان یونیده یا تفکیک شدن	کامل	جزئی
نوع واکنش	برگشت ناپذیر و یک‌طرفه $\rightarrow$	برگشت پذیر و دوطرفه $\rightleftharpoons$
شمار گونه‌های حل شونده	۲ گونه (مثلا Na^+ و OH^-)	۳ گونه (مثلا NH_3 و OH^- و NH_4^+)
نوع انحلال	فقط یونی	مولکولی (عمده) و یونی (اندک)
تصویر محلول		
K_b یا ثابت یونش باز	بزرگ	کوچک
$[OH^-]$ در غلظت یکسان	بیشتر	کمتر
pH در غلظت یکسان	بیشتر	کمتر
نور لامپ در غلظت یکسان	بیشتر	کمتر
مثال کاربرد	لوله باز کن $(NaOH)$	شیشه پاک کن (NH_3)

نکته: آمونیاک به دلیل $\frac{\text{داشتن}}{\text{نداشتن}}$ پیوندهای هیدروژنی، در آب به طور عمده به شکل $\frac{\text{یونی}}{\text{مولکولی}}$ حل می‌شود و $NH_4OH\ (aq)$ نشان‌دهنده‌ی انحلال $\frac{\text{مولکولی}}{\text{یونی}}$ آن است.

تـوشـه ای بـرای مـوفقیت

شوینده‌های خورنده چگونه عمل می‌کنند؟



ریدینگ جوش شیرین

جوش شیرین یا $\frac{\text{سدیم کربنات}}{\text{سدیم هیدروژن کربنات}}$ یک ترکیب $\frac{\text{مولکولی}}{\text{یونی}}$ است که نسبت شمار اتم‌ها به شمار عناصر در آن برابر $\frac{2}{1/5}$ است. این ترکیب ساختار بلوری $\frac{\text{دارد}}{\text{ندارد}}$ و نسبت شمار کاتیون به آنیون در آن با این نسبت در $\frac{\text{آمونیوم نیترات}}{\text{کلسیم کربنات}}$ برابر است. جوش شیرین یک ترکیب یونی دوتایی $\frac{\text{است}}{\text{نیست}}$ و در ساختار آن پیوند $\frac{\text{یونی}}{\text{کووالانسی}}$ وجود دارد. در اثر اضافه کردن جوش شیرین به آب $\frac{\text{تفکیک}}{\text{یونش}}$ روی می‌دهد و غلظت یون‌های $\frac{H^+}{OH^-}$ افزایش می‌یابد و کاغذ pH در این محلول به رنگ $\frac{\text{آبی}}{\text{قرمز}}$ در می‌آید. این محلول $\frac{\text{الکترولیت}}{\text{غیر الکترولیت}}$ است و همانند جوش شیرین $\frac{\text{جامد}}{\text{مذاب}}$ $\frac{\text{رسانا}}{\text{نارسانا}}$ است. افزودن این ترکیب به شوینده‌ها اثری $\frac{\text{همانند}}{\text{متفاوت با}}$ افزودن فسفات به شوینده‌ها دارد. هر مول جوش شیرین با $\frac{\text{یک}}{\text{دو}}$ مول اسید معده واکنش می‌دهد و آن را خنثی می‌کند و نمک خوراکی و $\frac{H_2O}{CO_2}$ تولید می‌شود.

در این واکنش غلظت یون‌های $\frac{\text{سدیم}}{\text{کلرید}}$ به تقریب ثابت می‌ماند.

در مخلوط کردن اسیدها و بازها، برای یافتن غلظت $[H^+]$ یا $[OH^-]$ در مخلوط نهایی از رابطه‌ی زیر بهره می‌بریم:

۱ـ $[H^+] = \frac{H^+ - OH^-}{V_1 + V_2}$ (اگر $H^+ > OH^-$ باشد.)

۲ـ $[OH^-] = \frac{OH^- - H^+}{V_1 + V_2}$ (اگر $OH^- > H^+$ باشد.)

تمرین ۱۰: اگر ۷۰ میلی‌لیتر $Ca(OH)_2$ با غلظت ۰/۵ مولار را با ۲۱۰ میلی‌لیتر HCl با غلظت ۰/۴ مولار مخلوط کنیم، pH نهایی چند می‌شود و نسبت $\frac{[H^+]}{[OH^-]}$ چه عددی می‌شود؟

۱) ۱/۳ ، $۲/۵ \times ۱۰^۹$ ۲) ۱/۷ ، ۲۵×۱۰^۹ ۳) ۱/۳ ، ۲۵×۱۰^۹ ۴) ۱/۷ ، $۲/۵ \times ۱۰^۹$

تمرین ۱۱: ۳۰ میلی‌لیتر محلول با $pH = ۲/۷$ را با چند میلی‌لیتر محلول با $pH = ۳/۵$ مخلوط کنیم تا pH محلول نهایی ۳ شود و در مخلوط نهایی چند مول H^+ وجود دارد؟

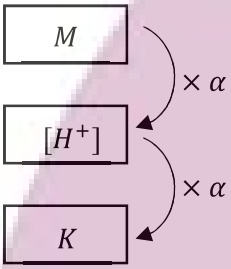
۱) ۲۱، $۵/۱ \times ۱۰^{-۵}$ ۲) ۱۴، $۴/۴ \times ۱۰^{-۵}$ ۳) ۱۴، $۴/۴ \times ۱۰^{-۲}$ ۴) ۲۱، $۵/۱ \times ۱۰^{-۲}$

محاسبات ثابت تعادل

می‌دانیم که در محلول اسید ضعیف HA، هر سه گونه $[H^+]$، $[A^-]$ و $[HA]$ وجود دارد. اثبات می‌شود که در دمای ثابت، همواره کسر $\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$ عدد ثابتی است که به آن ثابت یونش اسیدی می‌گوییم و با K_a نشان می‌دهیم.

تمرین ۱۲: در محلول اسید HA به حجم ۳ لیتر، ۰/۰۶ مول یون هیدرونیم و ۳ مول HA یونیده‌شده وجود دارد. ثابت تعادل یونش این اسید را محاسبه کنید.

گاهی محاسبات ثابت تعادل یونش بسیار دشوار می‌شود، برای همین شکل روبه‌رو را ابداع کردم تا تمام سوالات را به آسانی حل کنید. M غلظت مولار اسید، $[H^+]$ غلظت هیدرونیم، K ثابت تعادل یونش و α درجه یونش است. ابتدا یک تست را حل کنیم تا لذت حل سوالات این بخش را بچشید و سپس به بررسی اجزای رابطه‌ی «محک» می‌پردازیم.



تمرین ۱۳: اگر غلظت اسید ۰/۰۷ مولار و غلظت یون هیدرونیم $۷ \times ۱۰^{-۴} \frac{mol}{L}$ باشد:

الف) درجه و درصد یونش را محاسبه کنید.

ب) ثابت تعادل را محاسبه کنید.

ترکیب M

M را می‌توان به ۲ شیوه ترکیب کرد. شیوه اول استوکیومتری واکنش است و شیوه دوم استوکیومتری محلول. در دو تمرین زیر این دو نوع را فرا خواهید گرفت.

تمرین ۱۴: اگر در محلولی از اسید HX که ثابت تعادلی یونش آن ۲۵×۱۰^{-۴} است، غلظت یون هیدرونیم $۱۰^{-۱}$ باشد: $(Na = ۲۳ , O = ۱۶ , H = ۱ \frac{g}{mol})$

الف) درجه یونش را محاسبه کنید.

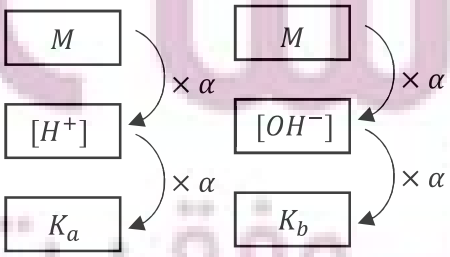
ب) ۰/۲ لیتر از این محلول با چند گرم سود سوزآور خنثی می‌شود؟

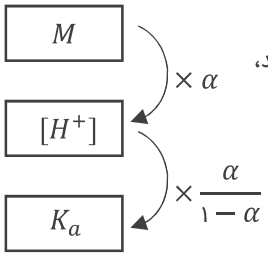
تمرین ۱۵: ثابت یونش اسید HA برابر ۹×۱۰^{-۶} است. غلظت یون هیدرونیم در محلولی از آن با چگالی $۱/۶ \frac{g}{ml}$ و درصد جرمی ۱۵درصد، چند $\frac{mol}{L}$ است؟ $(HA = ۶۰ \frac{g}{mol})$

ترکیب α

تمرین ۱۶: در اثر انحلال یک اسید در آب، تعداد ذرات حل شونده ۱/۰۳ برابر می‌شود. اگر ثابت تعادل ۶۳×۱۰^{-۵} باشد، غلظت اولیه اسید چند $\frac{mol}{L}$ است؟

قبل از بررسی تیپ‌های تستی این بخش باید بدانید که M در α ضرب می‌شود و H^+ به‌دست می‌آید. اما H^+ در اصل در $\frac{\alpha}{۱-\alpha}$ ضرب می‌شود و K حاصل می‌شود. در بیش از ۹۰٪ تست‌ها، چون $\alpha < ۰/۰۵$ است، مخرج $< ۰/۹۵$ می‌شود که می‌شود ۱ درنظر گرفت و $\frac{\alpha}{۱-\alpha}$ را همان α درنظر گرفت. در اعداد بزرگ‌تر از ۰/۰۵ (یا ۵ درصد) چون مخرج از ۰/۹۵ کوچک‌تر می‌شود، دیگر نمی‌توان آن را برابر ۱ گرفت و $\frac{\alpha}{۱-\alpha}$ باید کامل نوشته شود.





پس اگر در مساله‌ای خود سوال α را بیشتر از ۰/۰۵ داده بود و یا در محاسبات شما عددی بزرگ‌تر از ۰/۰۵ به‌دست آمد، محک را به شکل روبه‌رو استفاده کنید:

تیپ ۱: جایگذاری

تمرین ۱۷: در محلولی از فرمیک اسید به چگالی $۱/۸۴ \frac{g}{ml}$ و غلظت $5000ppm$ درصد، $pOH = ۱۱/۸$ است. K_a و درصد یونش چه مقدار هستند؟

۱) $۶ ،۱۸ \times ۱۰^{-۵}$ ۲) $۳ ،۹ \times ۱۰^{-۵}$ ۳) $۳ ،۱۸ \times ۱۰^{-۵}$ ۴) $۶ ،۹ \times ۱۰^{-۵}$

تمرین ۱۸: اگر $M = ۰/۲$ و $[H^+] = ۰/۱$ باشد، K_a و درجه یونش برابر چه عددی هستند؟

۱) ۰/۵ ، ۰/۰۵ ۲) ۱ ، ۰/۰۵ ۳) ۰/۵ ،۰/۱ ۴) ۱ ،۰/۱

تمرین ۱۹: اگر در یک محلول اسیدی، $M = ۰/۷$ و $K = ۰/۰۹$ باشد، pH این محلول و درصد یونش چند است؟

۱) ۳ ، ۱/۳۵ ۲) ۳۰ ،۰/۶۵ ۳) ۳۰ ،۱/۳۵ ۴) ۳ ،۰/۶۵

تیپ ۲: چند برابری

تمرین ۲۰: در اسیدی ضعیف اگر حجم محلول را ۹ برابر کنیم، pH چند واحد و چگونه تغییر می‌کند؟

تمرین ۲۱: برای دو اسید ضعیف HA و HB، اگر جرم HA حل شده ۱۰ برابر HB و حجم محلول HA ۳برابر HB باشد و pH اسید HB، ۰/۷ واحد بیشتر از HA باشد، ثابت‌یونش و درجه یونش HA چند برابر HB می‌شود؟ $(HB = ۳۳, HA = ۶۶ \frac{g}{mol})$

۱) ۳ ،۱۵ ۲) ۲ ،۱۰ ۳) ۴ ،۲۰ ۴) ۵ ،۲۵

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فصل هشتم

آسایش و رفاه در سایه شیمی

درباره این فصل

ارزشمندترین فصل کتاب شیمی دوازدهم، فصل آسایش و رفاه در سایه شیمی است که در یک کلمه همان الکتروشیمی است. برخلاف بسیاری از فصل‌های کتاب شیمی دبیرستان که در مورد مباحث مختلفی صحبت می‌کنند، مباحث مطرح شده در این فصل کاملا منسجم هستند و پیرامون ۲ موضوع استفاده از انرژی موجود در مواد برای تولید الکتریسیته و استفاده از الکتریسیته برای تولید مواد جدید یا ارتقای کیفیت مواد است. این انسجام و مشخص بودن، ۱۲ و نیم صفحه درسنامه‌ی این فصل را برای آموزش بسیار جذاب می‌کند.

تعداد تست این فصل در کنکور: ۴ تست مستقیم

تعداد جلسات جت: ۲ جلسه

ایران کتاب
توشه ای برای موفقیت

درسنامه آسایش و رفاه در سایه شیمی

مقدمه

- الکتروشیمی
  - نقش در آسایش و رفاه: تأمین روشنایی چراغ خورشیدی متشکل از LED، سلول خورشیدی و باتری قابل شارژ، گرمایش و سرمایش آسان‌تر، حمل و نقل سریع‌تر و ایمن‌تر (قطار برقی)، درمان و کاهش اثر نقص عضو (سمعک و ضربان‌ساز قلب) و انتقال ایمن آب آشامیدنی
  - دو رکن اساسی تحقق و فناوری‌های فوق
    - تأمین انرژی: پرکاربردترین شکل = الکتریکی
    - دستیابی به مواد مناسب
  - برخی قلمروها
    - تأمین انرژی: سلول گالوانی (انرژی شیمیایی ← انرژی الکتریکی)
      - سلول سوختی
      - باتری: در تنظیم‌کننده ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه و خودروی الکتریکی
    - تولید مواد: سلول الکترولیتی (انرژی الکتریکی ← انرژی شیمیایی)
      - برقکافت
        - برقکافت آب و تولید H_2 (سوخت سلول سوختی) و O_2
        - برقکافت $NaCl$ با هدف تولید سدیم
        - برقکافت Al_2O_3 با هدف تولید آلومینیوم
      - آبکاری
        - تولید لوله‌های فلزی انتقال آب (آهن سفید یا گالوانیزه)
        - تولید قوطی‌های محتوی مواد غذایی (حلبی)
        - تولید لوازم آشپزی مقاوم در برابر خوردگی (پوشاندن با نقره، کروم، نیکل، طلا و ...)
    - اندازه‌گیری و کنترل کیفی (اطمینان از کیفیت فراورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و ...)
- عدد اکسایش
  - تعریف: بار مطلق (در ترکیب‌های یونی) یا نسبی (در ترکیب‌های مولکولی) عناصر
  - ۳ قانون
    - عدد اکسایش عناصر به صورت آزاد صفر است ⇐ عدد اکسایش Fe، Mg، Cl_2، H_2، O_2 صفر است.
    - عدد اکسایش یون تک اتمی برابر بار آن است ⇐ $O^{2-} = -2$، $N^{3-} = -3$، $Fe^{3+} = +3$، $Na^{+} = +1$
    - مجموع عدداکسایش عناصر در ترکیب‌ها (چه مولکولی و چه یون تک اتمی و چه ترکیب یونی) برابر بار آن‌ها است.
  - اعداد اکسایش عناصر در ترکیب‌ها
    - فلزها
      - قلیایی: ۱+
      - قلیایی خاکی: ۲+
      - انگار: اسکاندیم ۳+، نقره ۱+، گالیم ۳+، آلومینیوم ۳+، روی ۲+
      - سایر فلزات واسطه: اعداد متفاوت
        - مثال: Fe^{2+} و Fe^{3+} ـ Cr^{2+} و Cr^{3+} ـ Cu^{+} و Cu^{2+} ـ V^{+} تا V^{5+}
        - حداکثر: شماره گروه
    - نافلزها
      - گروه ۱۴: از ۴ − (CH_4) تا ۴ + (CO_2)
      - گروه ۱۵: از ۳ − (NH_3) تا ۵ + (N_2O_5)
      - گروه ۱۶: از ۲ − (H_2S) تا ۶ + (SO_3) / اکسیژن از ۲ − (H_2O) و ۱ − (H_2O_2) تا ۲ + (OF_2)
      - گروه ۱۷: از ۱ − (HCl) تا ۷ + (ClO_4^-) / فلوئور عدد اکسایش مثبت ندارد و فقط ۱− و صفر دارد.
      - هیدروژن: از ۱− تا ۱+
      - در ترکیبات اولویت مشخص کردن عدد اکسایش نافلزات به ترتیب با F، H، O، N، Cl، S، C است.
  - تغییر عدد اکسایش
    - افزایش عدد اکسایش = از دست دادن الکترون = اکسایش یافتن
    - کاهش عدد اکسایش = کسب کردن الکترون = کاهش یافتن

ابزار آگاهی
توشه‌ای برای موفقیت

نکته: اغلب نافلزها و فلزهای واسطه عددهای اکسایش گوناگونی در ترکیب‌های خود دارند.

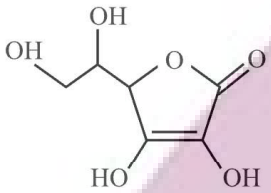
تمرین ۱: عدد اکسایش عناصر را در ترکیب‌های زیر مشخص کنید:

NH_3 $CaSiO_3$ H_2O_2 CO Fe_2O_3 NO_3^-

PO_4^{3-} $Co(OH)_3$ $C_3H_6Br_2$ $Cr_2O_7^{2-}$ MnO_4^- CNO^-

تمرین ۲: در مورد هر ترکیب به سوالات زیر پاسخ دهید:

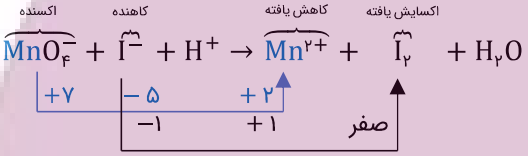
الف) بیشترین و کمترین عدد اکسایش کربن‌ها را مشخص کنید.



ب) در ترکیب روبه‌رو چند نوع عدد اکسایش در کربن‌ها دیده می‌شود؟

موازنه با عدد اکسایش

در اغلب واکنش‌ها تغییر عدد اکسایش رخ می‌دهد. عنصری که عدد اکسایش آن افزایش می‌یابد اکسایش یافته است و عنصری که عدد اکسایش آن کاهش می‌یابد، کاهش یافته است. درحد کنکور و دبیرستان در واکنش‌های اکسایش – کاهش یک عنصر اکسایش و یک عنصر کاهش می‌یابد:



در واکنش فوق عدد اکسایش Mn از ۷+ به ۲+ رسیده است، پس ۵ واحد کاهش یافته است و عدد اکسایش ید از ۱- به صفر رسیده است، پس ۱واحد افزایش یافته است. به واکنش‌دهنده‌ای که شامل عنصر کاهش‌یافته (Mn) است (MnO_4^-)، اکسنده می‌گویند و فراورده شامل آن را ماده کاهش‌یافته می‌گوییم و به همین ترتیب به واکنش‌دهنده‌ای که شامل عنصر اکسایش یافته (I) است (I^-)، کاهنده می‌گویند و فراورده شامل آن را ماده اکسایش یافته می‌گوییم.

برای موازنه‌ی واکنش‌های اکسایش – کاهش می‌توانیم از همان روش معمولی که در جلسه‌اول استوکیومتری تدریس کردم استفاده کنید (روش دوماده – تک‌ماده) یا از روش تعویض عدد اکسایش استفاده کنید. مخصوصاً اگر در واکنش گونه‌ی باردار داشتیم، حتماً از تعویض عدد اکسایش بهره ببرید. در این روش کافیست تغییر عدد اکسایش عنصر اکسایش یافته را تعداد گونه اکسنده قرار دهیم و برعکس تغییر عدد اکسایش عنصر کاهش‌یافته را تعداد گونه کاهنده قرار دهیم.

- برای محاسبه‌ی تعداد الکترون‌ها کافی است از رابطه‌ی (تغییر عدد اکسایش × زیروند × ضریب) استفاده کرد.

تمرین ۳: با توجه به واکنش‌های زیر:

$MnO_4^- + CN^- + H_2O \rightarrow MnO_2 + CNO^- + OH^-$

$CH_3CH_2OH + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightarrow CH_3COOH + Cr^{3+} + H_2O$

$I^- + MnO_4^- + H_2O \rightarrow MnO_2 + I_2 + OH^-$

الف) واکنش‌ها را موازنه کنید.

ب) تعداد الکترون‌ها را مشخص کنید.

پ) گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

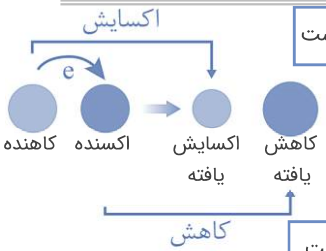
نکات:

۱ـ اگر در یک واکنش عنصر آزاد موجود باشد، آن واکنش قطعاً اکسایش – کاهش است.

۲ـ ممکن است عنصر اکسایش و کاهش یافته یکسان باشد، مثلاً در واکنش $H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$ عنصر اکسیژن هم اکسایش یافته و هم کاهش یافته است.

عدد اکسایش	بزرگ‌ترین	بین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین	کوچک‌ترین
نقش	فقط اکسنده	هم اکسنده و هم کاهنده	فقط کاهنده

انجام واکنش با سفر الکترون



- انتقال الکترون
  - تعریف: انتقال الکترون از گونه‌ای به گونه دیگر
    - گونه‌ای که الکترون از دست می‌دهد
      - اکسایش می‌یابد ← کاهنده است
      - شعاع آن کاهش می‌یابد
      - مثبت‌تر می‌شود
    - گونه‌ای که الکترون کسب می‌کند
      - کاهش می‌یابد ← اکسنده است
      - شعاع آن افزایش می‌یابد
      - منفی‌تر می‌شود
  - اثر: تبدیل بخشی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی
  - E°
    - تعریف: تمایل به گرفتن الکترون را نشان می‌دهد ⇐ هرچه E° بیشتر باشد، تمایل به کسب الکترون بیشتر و اکسنده‌تر
    - مقایسه
      - نافلزها: $H_2 < C < S < Cl_2 < N_2 < O_2 < F_2$
      - فلزات: $Li < K < Na < Ca < Mg < Al < Mn < Zn < Fe < Sn < H_2 < Cu < Ag < O_2 < Pt < Au$
  - طبقه‌بندی واکنش‌ها
    - نافلز و فلز
      - الکترون از فلز به نافلز منتقل می‌شود
        - فلز اکسایش می‌یابد و کاهنده است. (اغلب فلزها)
        - نافلز کاهش می‌یابد و اکسنده است. (اغلب نافلزها)
      - نافلزات شرکت‌کننده: فلوئور، کلر، برم، ید، اکسیژن، گوگرد، نیتروژن و فسفر
      - اکسیژن می‌تواند از اغلب نافلزها (جز طلا و پلاتین) الکترون بگیرد.
      - مثال: $4Fe + 3O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3$ و $Mg + Cl_2 \longrightarrow MgCl_2$
    - کاتیون و فلز
      - الکترون می‌تواند از فلز به کاتیون منتقل شود
        - فلز اکسایش می‌یابد و کاهنده است.
        - کاتیون کاهش می‌یابد و اکسنده است.
      - کاتیون‌های شرکت‌کننده: کاتیون‌های فلزی و H^+
      - شرط انتقال: گونه‌ای که الکترون می‌گیرد (کاتیون) E° بیشتری داشته باشد.
      - H^+ می‌تواند از اغلب فلزات (جز طلا، پلاتین، نقره و مس) الکترون بگیرد ← گاز H_2 و نمک
      - مثال: $2H^+ + Fe \longrightarrow H_2 + Fe^{2+}$ و $CuCl_2 + Zn \longrightarrow Cu + ZnCl_2$
    - نافلز و آنیون
      - الکترون می‌تواند از آنیون به نافلز منتقل شود.
        - آنیون اکسایش می‌یابد و کاهنده است.
        - نافلز کاهش می‌یابد و اکسنده است.
      - شرط انتقال: گونه‌ای که الکترون می‌گیرد (نافلز) E° بیشتری داشته باشد.
      - مثال: $F_2 + 2Cl^- \longrightarrow 2F^- + Cl_2$ و $2KI + Cl_2 \longrightarrow 2KCl + I_2$
    - کاتیون و کاتیون
      - الکترون از کاتیون با E° پایین‌تر به کاتیون با E° بالاتر منتقل می‌شود.
      - شرط انتقال: کاتیونی که الکترون از دست می‌دهد، دارای کاتیون با بار مثبت‌تر نیز باشد.
      - مثال: $V^{3+} + 2Fe^{2+} \longrightarrow V^{+} + 2Fe^{3+}$ و $Sn^{2+} + 2Cr^{2+} \longrightarrow Sn + 2Cr^{3+}$

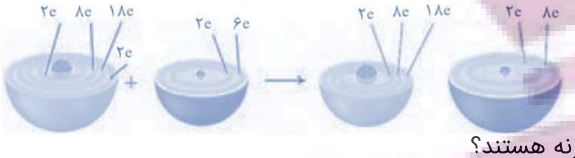
نکات:

۱ـ یکی از راه‌های بهره‌گیری از انرژی ذخیره شده در فلزات = اتصال آن‌ها در شرایط مناسب ⟸ تیغه مس و روی و میوه‌ای مانند لیمو ⟵ نوعی باتری

۲ـ در گذشته برای عکاسی از سوختن منیزیم به عنوان منبع نور استفاده می‌شد ⟵ منیزیم اکسایش می‌یابد و کاهنده است.

۳ـ در رقابت برای از دست دادن الکترون اتم ید بر فلوئور و اتم آهن بر مس پیشی می‌گیرد.

۴ـ در رقابت برای گرفتن الکترون اتم فلوئور بر ید و کاتیون Cu^{2+} بر Fe^{2+} پیشی می‌گیرد.



تمرین ۴: با توجه به واکنش با تصویر روبه‌رو:

الف) واکنش را بنویسید و موازنه کنید.

ب) به ازای ضرایب مشخص شده، چند مول الکترون منتقل می‌شود؟

پ) نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید و بگویید آیا از لحاظ جرم و بار موازنه هستند؟

ت) گونه‌ای که اکسایش می‌یابد و گونه اکسایش یافته را مشخص کنید.

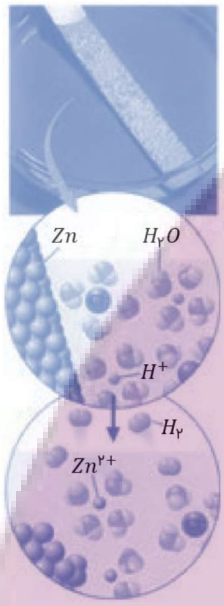
ث) گونه‌ای که کاهش می‌یابد و گونه کاهش یافته را مشخص کنید.

ج) گونه اکسنده و گونه کاهنده را مشخص کنید.

چ) شعاع کدام عنصر افزایش و شعاع کدام عنصر کاهش می‌یابد؟

ح) الکترون از کدام زیرلایه خارج و به کدام زیرلایه وارد می‌شود؟

خ) کدام عنصر به آرایش گاز نجیب می‌رسد؟



تمرین ۵: با توجه به واکنش با تصویر روبه‌رو:

الف) واکنش انجام شده و نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش را موازنه کنید. (همراه با تعداد الکترون‌ها)

ب) گونه‌ای که اکسایش می‌یابد، گونه اکسایش یافته و گونه اکسنده را مشخص کنید.

پ) جرم تیغه، جرم محلول و جرم مجموع مواد موجود در ظرف سر باز چگونه تغییر می‌کند؟

ت) pH، $[OH^-]$، pOH و $[H^+]\times[OH^-]$ در محلول چگونه تغییر می‌کند؟

ث) کدام گونه حل شونده در واکنش شرکت نمی‌کند؟

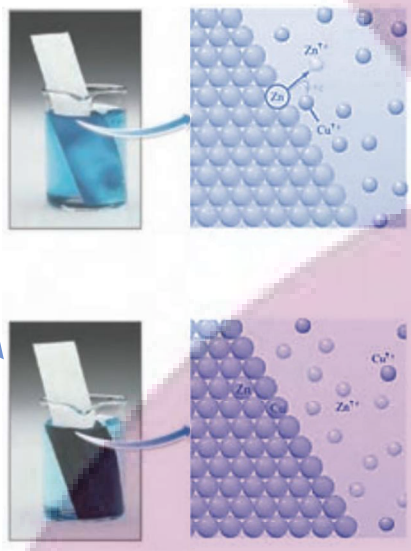
جاری شدن انرژی با سفر الکترون

- انرژی در واکنش‌های اکسایش - کاهش
  - برخی $\Delta H < 0$
    - مقایسه q آزاد شده
      - یعنی: گرماده = گرما آزاد می‌شود = q در سمت فراورده‌ها = فراورده‌ها پایدارتر و کم‌انرژی‌تر = واکنش‌دهنده‌ها واکنش‌پذیرتر و پر انرژی‌تر
      - واکنش نافلز با فلز
        - گرمای سوختن فلزات: پتاسیم > سدیم > آهن
        - گرمای واکنش سدیم با نافلزات: فلوئور > اکسیژن > نیتروژن > کلر
      - واکنش کاتیون با فلز
        - گرمای واکنش Ag^+ با فلزات: آلومینیوم > روی > آهن > مس > نقره = طلا = صفر
        - گرمای واکنش H^+ با فلزات: آلومینیوم > روی > آهن > مس = نقره = طلا = صفر
        - گرمای واکنش Fe کاتیون‌ها: $Ag^+ > H^+ > Sn^{2+} > Fe^{2+} = Zn^{2+}$ = صفر
      - قانون: هرچه E° گونه‌ی اکسنده بیشتر و E° گونه‌ی کاهنده کمتر باشد، گرمای بیشتری آزاد می‌شود و دما بیشتر می‌شود.
    - شرط: اکسنده E° بیشتری داشته باشد.
      - واکنش نافلز (هالوژن، O_2، S، N_2 و P) با فلز، جز واکنش O_2 با Pt و Au
      - واکنش کاتیون با E° بالاتر با فلز (یا کاتیون) با E° پایین‌تر (H^+ با فلزات با E° منفی)
  - برخی $\Delta H > 0$
    - یعنی: گرماگیر = گرما جذب می‌شود = q در سمت واکنش‌دهنده‌ها = واکنش‌دهنده‌ها پایدارتر و کم‌انرژی‌تر = فراورده‌ها ناپایدارتر و پرانرژی‌تر
    - شرط: اکسنده E° کمتری دارد ← این واکنش‌ها به طور طبیعی انجام نمی‌شوند و در سلول‌های الکترولیتی و با مصرف انرژی الکتریکی انجام می‌شوند.
    - مثال: ۱ـ $Na_2O + Fe$ ۲ـ $HCl + Ag$ ۳ـ $NaCl + Br_2$

الگوریتم مسائل محاسباتی اکسایش - کاهش:

$m\ mol$	$n \times M_B$	$mn\ mol$	$-nM_B + mM_A \times a$
$mA^{n+} + nB \longrightarrow mA + nB^{m+}$		mne	تغییر جرم تیغه
$[A^{n+}] \times V\ mol$	$x\ g$	$x\ mol$	$x\ g$

درصد اتم‌های A که روی تیغه B می‌نشینند و در محلول رسوب نمی‌کنند.



تمرین ٦: با توجه به واکنش تصویر روبه‌رو:

الف) واکنش انجام شده و نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش را موازنه کنید. (همراه با تعداد الکترون‌ها)

ب) گونه‌ای که اکسایش می‌یابد، گونه اکسایش یافته و گونه اکسنده را مشخص کنید.

پ) شعاع کدام عنصر افزایش و شعاع کدام عنصر کاهش می‌یابد؟

ت) پایداری واکنش دهنده‌ها بیشتر است یا فراورده‌ها؟

ث) رنگ محلول چه تغییری می‌کند؟

ج) جرم تیغه و جرم محلول چه تغییری می‌کند؟

چ) نمودار تغییر غلظت کاتیون ها را رسم کنید.

ح) دمای محلول چگونه تغییر می‌کند؟

خ) اگر در این محلول تغییرات دما $\Delta\theta$ باشد، با استفاده از تیغه‌ای از جنس نقره، آهن و آلومینیوم به جای تغه‌ی روی به ترتیب تغییر دما $\Delta\theta_1$، $\Delta\theta_2$ و $\Delta\theta_3$ می‌شود. این تغییرات دما را مقایسه کنید.

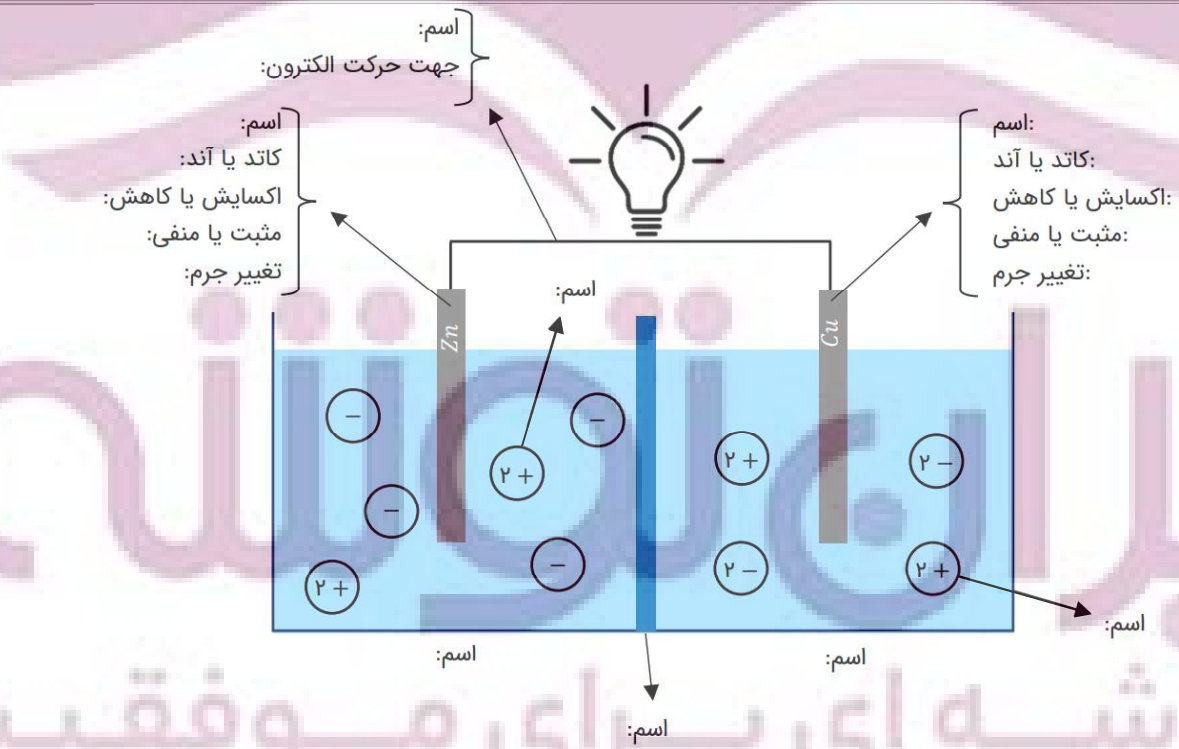
د) غلظت کلی مجموع این یون‌ها در محلول چگونه تغییر می‌کند؟

ذ) اگر از تیغه‌ی آلومینیومی استفاده کنیم، غلظت کلی مجموع این یون‌ها در محلول چگونه تغییر می‌کند؟

ر) اگر از تیغه‌ی آهنی استفاده کنیم، رنگ محلول چه تغییری می‌کند؟

ز) اگر از تیغه‌ی آلومینیومی استفاده کنیم و ۷۵ درصد اتم‌های مس تشکیل شده در کف ظرف ته نشین شود، به ازای مبادله‌ی $۱/۲۰۴ \times ۱۰^{۲۴}$ الکترون، جرم تیغه چند گرم و چگونه تغییر می‌کند؟

واکنش شیمیایی و سفر هدایت شده الکترون



ایران تیزهوشان
توشه ای برای موفقیت

- سلول گالوانی
  - اجزا
    - نیم سلول با E^0 کمتر
      - الکترود (تیغه)
        - اسم: آند
        - واکنش: اکسایش (اتم فلز در مرز الکترود و محلول)
        - علامت: منفی (به دلیل تولید الکترون)
        - تغییر جرم: کاهش
      - محلول
        - محتویات
          - کاتیون: از جنس الکترود (جز در SHE که الکترود پلاتین و کاتیون H^+ است)
          - آنیون: هر آنیون تک اتمی یا چند اتمی
        - غلظت: ۱ مولار در دمای ۲۵°C و فشار $1atm$
        - بار: خنثی ⇐ مجموع بار کاتیون‌ها = مجموع بار آنیون‌ها
        - تغییر غلظت: افزایش
    - مدار بیرونی یا سیم رابط
      - هدف: انتقال الکترون
      - جهت انتقال الکترون: از آند به کاتد
    - دیواره متخلخل
      - هدف: مبادله آنیون و کاتیون میان دو محلول
      - جهت انتقال
        - کاتیون: از آند به سمت کاتد
        - آنیون: از کاتد به سمت آند
    - نیم سول با E^0 بیشتر
      - الکترد (تیغه)
        - اسم: کاتد
        - واکنش: کاهش (کاتیون فلز در مرز الکترود و محلول)
        - علامت: مثبت
        - تغییر جرم: افزایش
      - محلول
        - محتویات
          - کاتیون: از جنس الکترود (جز در SHE که الکترود پلاتین و کاتیون H^+ است)
          - آنیون: هر آنیون تک اتمی یا چند اتمی
        - غلظت: ۱ مولار در دمای ۲۵°C و فشار $1atm$
        - بار: خنثی ⇐ مجموع بار کاتیون‌ها = مجموع بار آنیون‌ها
        - تغییر غلظت: کاهش
  - اساس تولید انرژی: قدرت کاهندگی فلزات
  - هدف: هدایت الکترون‌ها از طریق مدار بیرونی و تولید جریان الکتریکی
    - در مبادله مستقیم الکترون: انرژی شیمیایی ⟵ انرژی گرمایی
    - در سلول گالوانی: انرژی شیمیایی ⟵ انرژی گرمایی و الکتریکی
  - ولتاژ
    - تعاریف معادل: اختلاف پتانسیل میان دو نیم سلول = نیروی الکتروموتوری = emf = E° سلول
    - روش محاسبه
      - E° (آند) $-$ E° (کاتد) ⇐ همواره عددی مثبت
      - قرار دادن ولت سنج به جای لامپ در وسط سیم رابط
    - E°
      - پتانسیل استاندارد نیم سلول یا V
      - محاسبه به صورت جداگانه ممکن نیست و به صورت نسبی با SHE (صفر = E°)
        مقایسه می‌شود (بسیاری از نیم سلول‌ها به این شیوه محاسبه شده‌اند)
      - SHE: نیم سلول استاندارد هیدروژن ⟵ دما ۲۵°C و فشار $1atm$ و غلظت ۱ مولار ← صفر = pH

به جدول روبه‌رو سری الکتروشیمیایی می‌گوییم و به پیشنهاد آیوپاک نیم‌واکنش‌ها به صورت کاهشی نوشته می‌شوند. گونه‌های سمت چپ (کاتیون) اکسنده و گونه‌های سمت راست کاهنده هستند.

نیم‌واکنش کاهش		$E^\circ(V)$
$Au^{3+}(aq)+3e^-$	$\rightarrow Au(s)$	$+1/50$
$Pt^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Pt(s)$	$+1/20$
$Ag^+(aq)+e^-$	$\rightarrow Ag(s)$	$+0/80$
$Cu^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Cu(s)$	$+0/34$
$2H^+(aq)+2e^-$	$\rightarrow H_2(g)$	$0/00$
$Sn^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Sn(s)$	$-0/14$
$Fe^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Fe(s)$	$-0/44$
$Zn^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Zn(s)$	$-0/76$
$Mn^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Mn(s)$	$-1/18$
$Al^{3+}(aq)+3e^-$	$\rightarrow Al(s)$	$-1/66$
$Mg^{2+}(aq)+2e^-$	$\rightarrow Mg(s)$	$-2/37$

اکسنده قوی‌تر

کاهنده قوی‌تر

- هوای گران
  - تفاوت‌ها: شکل و اندازه و کارایی
  - شباهت‌ها: انجام نیم واکنش‌های آندی و کاتدی و ایجاد جریان در مدار بیرونی
- لیتیم
  - کمترین چگالی و E° ← امکان ساخت باتری‌های سبک‌تر، کوچک‌تر و با توانایی بیشتر ذخیره انرژی
  - انواع: باتری‌های دکمه‌ای، باتری رایانه‌ها و تلفن همراه
- دلایل بازیافت
  - مواد شیمیایی سمی ⇐ نباید رها یا دفن شوند
  - مواد ارزشمند و گران‌قیمت ⇐ باید بازیافت شوند.

نکات:

۱ـ اگر در نیم سلول کاتدی دو نوع کاتیون داشته باشیم، گونه‌ای که E° بیشتری دارد زودتر کاهش می‌یابد و در آند نیز فلزی که E° کمتری دارد زودتر اکسایش می‌یابد.

۲ـ فراورده‌های سلول گالوانی از واکنش‌دهنده‌ها، سطح انرژی و واکنش‌پذیری کمتر و پایداری بیشتری دارند.

تمرین ۷: در یک سلول گالوانی $Zn-Ag$، پس از مدتی مجموع جرم دو الکترود آند و کاتد ۴۵/۳ گرم تغییر می‌کند:

الف) چند مول الکترون جابه‌جا شده است؟ $(Zn=65, Ag=108 : \frac{g}{mol})$

ب) جرم کاتد چند گرم و چگونه تغییر کرده است؟

پ) جرم آند چند گرم و چگونه تغییر کرده است؟

تمرین ۸: با توجه نیم واکنش‌های کاهشی زیر:

$A^{2+}+2e^- \longrightarrow A \quad E^\circ=-0/7$

$B^+ + e^- \longrightarrow B \quad E^\circ=+1/5$

$C^{3+}+3e^- \longrightarrow C \quad E^\circ=-1/8$

$D^{2+}+2e^- \longrightarrow D \quad E^\circ=+0/3$

الف) گونه‌های اکسنده به ترتیب قدرت کدامند؟

ب) گونه‌های کاهنده به ترتیب قدرت کدامند؟

پ) بیشترین emf از اتصال کدام دو نیم سلول به وجود می‌آید؟

ت) در اتصال نیم‌سلول‌های A و C، جریان الکترون و جهت حرکت آنیون به سمت کدام نیم‌سلول است و جرم الکترود A چگونه تغییر می‌کند؟

ث) واکنش C^{3+} با A را موازنه کنید. آیا این واکنش خودبه‌خودی است؟

ج) کدام فلزها می‌توانند فلز اصلی باشند؟

چ) کدام فلزها با HCl واکنش می‌دهند؟

ح) اگر نیم سلول SHE را به نیم سلول B وصل کنیم، pH محلول SHE چه تغییری می‌کند؟

خ) اگر G^+ با D واکنش بدهد، آیا فلز G با اسید واکنش می‌دهد؟

د) اگر نیم سلول D و C را به هم متصل کنیم، نمودار تغییر غلظت کاتیون‌ها به چه شکلی است؟

ذ) محلول DSO_4 را در ظرفی از جنس کدام فلز(ها) می‌توان نگهداری کرد؟

ر) اگر فلز F دارای $E^\circ=-0/1$ باشد، با اتصال به کدام نیم‌سلول، بزرگ‌ترین emf حاصل می‌شود؟

ز) emf سلول گالوانی $A-B$ بیشتر است یا $C-D$؟

ژ) اگر در سه ظرف حاوی محلول D^{2+}، تکه‌هایی از سه فلز A، B و C را قرار دهیم، افزایش دما در کدام ظرف بیشتر است؟

س) اگر emf سلول گالوانی $X-C$ که در آن X^{2+} تولید می‌شود $0/3V$ باشد E° فلز X چند ولت است؟

ش) اگر در نیم سلول کاتد، یون‌های B^+ و D^{2+} هر دو حضور داشته باشند، کدام کاهش می‌یابد؟

ص) emf حاصل از اتصال کدام نیم‌سلول‌ها برای انجام برقکافت محلول الکترولیکی که به ولتاژ ۲/۲ ولت نیاز دارد، کافی است؟

تمرین ۹: اگر واکنش‌های ۱ و ۲ به طور طبیعی انجام شوند و واکنش ۳ به طور طبیعی انجام نشود.

الف) اکسنده‌ترین و کاهنده‌ترین گونه‌ها کدام هستند؟

ب) اگر فلز B با اسید واکنش دهد، آیا فلزهای B و C با اسید واکنش می‌دهند؟

پ) آیا نمک دارای کاتیون C^{3+} را می‌توان در ظرف A نگه‌داشت؟

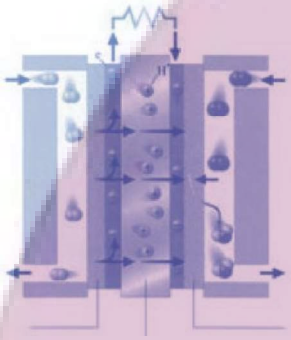
۱) $A^{3+} + B \longrightarrow A^{2+} + B^{+}$

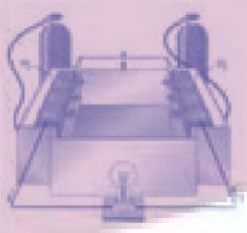
۲) $3A^{2+} + 2C \longrightarrow 3A + 2C^{3+}$

۳) $A^{2+} + 2B \longrightarrow A + 2B^{+}$

سلول سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز

- تأمین انرژی
  - سوخت‌های فسیلی
    - شامل: گاز طبیعی، نفت خام و زغال سنگ
    - رایج‌ترین سوخت برای خودروها و نیروگاه‌ها ⇐ استخراج و مصرف بی‌رویه
      - کاهش سریع ذخایر
      - گسترش روز افزون آلودگی
    - یافتن جایگزینی مناسب به ویژه در خودروها ضروری است.
  - سلول سوختی
    - نقاط قوت
      - کارایی بیشتر ⇐ گذر از تنگنای تأمین انرژی
        - بازدهی سوزاندن هیدروژن در موتور درون‌سوز ۲۰٪ است.
        - بازدهی اکسایش هیدروژن در سلول سوختی تا ۶۰٪ است.
      - کاهش ردپای کربن دی اکسید ⇐ کاهش آلودگی محیط زیست (دوست‌دار محیط زیست و منبع انرژی سبز)
    - انواع
      - سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن (رایج‌ترین نوع)
      - سلول سوختی متان ⟵ CH_4 از H_2 کم‌خطرتر است اما ردپای CO_2 را افزایش می‌دهد.
    - اجزای اصلی
      - آند با کاتالیزگر
        - گاز ورودی: هیدروژن
        - گاز خروجی: هیدروژن
        - قطب: منفی
        - نیم واکنش اکسایش: $H_2 \longrightarrow 2H^{+} + 2e$
        - E° = صفر
        - نقش کاتالیزگر: افزایش سرعت واکنش اکسایش
      - غشای مبادله کننده پروتون ⟵ مبادله H^{+} از آند به کاتد
      - کاتد با کاتالیزگر
        - گاز ورودی: اکسیژن
        - گاز خروجی: بخار آب
        - قطب: مثبت
        - نیم واکنش کاهش: $O_2 + 4H^{+} + 4e \longrightarrow 2H_2O$
        - $E^\circ = 1/23\,V$
        - نقش کاتالیزگر: افزایش سرعت واکنش کاهش
    - واکنش کلی: emf=۲۳.۱ $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$
    - سه چالش
      - ذخیره انرژی ندارند (برخلاف باتری‌ها) ⇐ نیاز به جریان پیوسته سوخت دارند.
      - تأمین سوخت آن‌ها (هیدروژن)
      - خطرناک بودن گاز هیدروژن





نکات:

۱ـ جرم و حجم گاز مصرف شده در کاتد به ترتیب ۸ و ۰/۵ برابر جرم و حجم گاز مصرف شده در آند است.

۲ـ در آند جرم گاز ورودی کمتر از گاز خروجی است و در کاتد جرم گاز خروجی بیشتر از گاز ورودی است.

۳ـ روش زیر نسبت به سلول سوختی اتلاف انرژی گرمایی بیشتر و کارایی کمتری دارد:

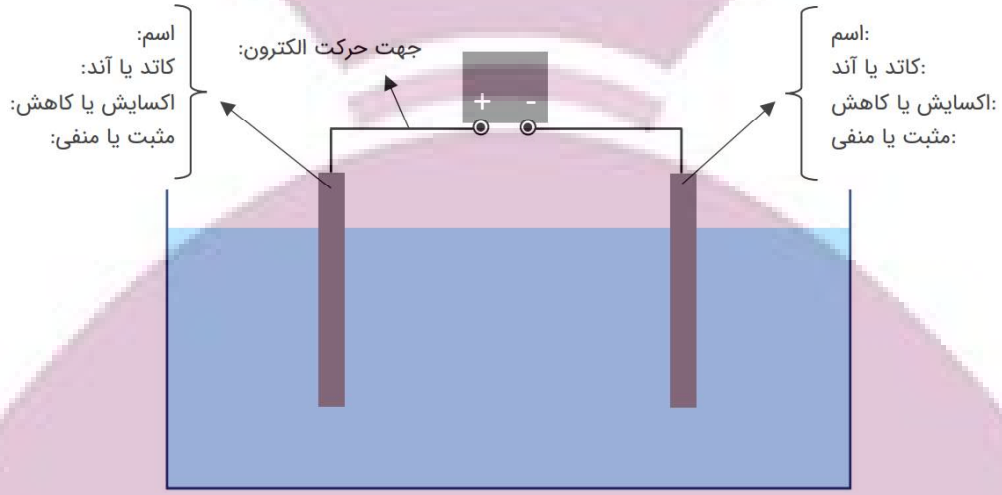
تمرین: اگر H^+ تولید شده در سلول سوختی بتواند pH ۱ لیتر محلول را از ۱ به ۰/۷ برساند:

الف) چه تعداد الکترون جابه‌جا شده است؟

ب) چند گرم O_2 مصرف شده است؟

پ) اگر ۲ لیتر گاز هیدروژن در شرایط STP وارد آند شود چند لیتر گاز مجموعاً از آند و کاتد خارج می‌شود؟ (H_2O را نیز گاز فرض کنید)

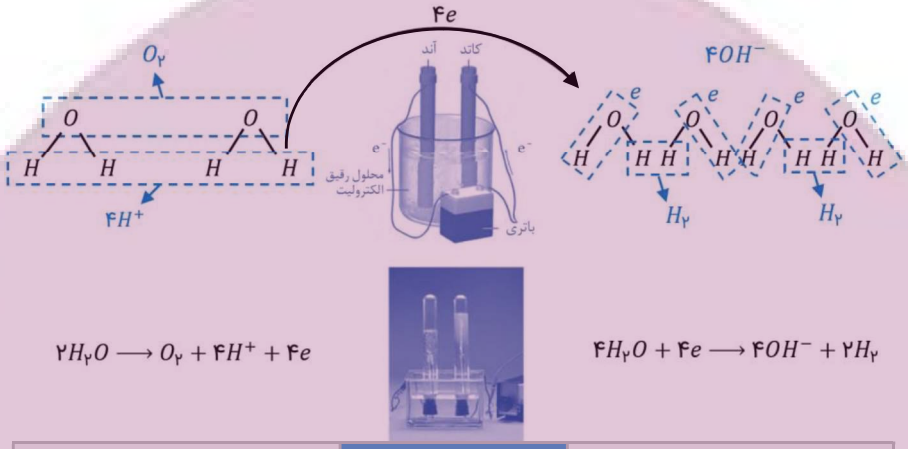
برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن



- سلول الکترولیتی
  - هدف: انرژی الکتریکی ← انرژی شیمیایی
    - انجام واکنش شیمیایی در خلاف جهت طبیعی (در جهت گرماگیر و $\Delta H > 0$)
    - سطح انرژی و واکنش‌پذیری فراورده‌ها بیشتر و پایداری واکنش‌دهنده‌ها بیشتر
    - $E°$ واکنش منفی است
  - فرایند: اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت (یا ترکیب یونی مذاب)
  - اجزا
    - الکترود آند
      - جنس: اغلب گرافیتی (بی‌اثر است و غالباً در واکنش شرکت نمی‌کند.)
      - علامت: مثبت
      - واکنش: اکسایش
    - سیم رابط
      - دارای یک باتری (منبع ولتاژ)
      - جهت حرکت الکترون: از آند (قطب مثبت) به کاتد (قطب منفی)
    - الکترولیت
      - جنس: محلول الکترولیت یا ترکیب یونی مذاب (محتوی یون‌های با حرکت آزادانه)
      - جهت حرکت یون‌ها: آنیون (یا گونه با $E°$ کمتر) به سمت آند و کاتیون (یا گونه با $E°$ بیشتر) به سمت کاتد (به سوی الکترود با بار ناهمنام)
    - الکترود کاتد
      - جنس: اغلب گرافیتی (بی‌اثر است و غالباً در واکنش شرکت نمی‌کند.)
      - علامت: منفی
      - واکنش: کاهش
  - مثال
    - برقکافت $H_2O(l)$: تبدیل H_2O به گاز H_2 (فراورده اصلی) و گاز O_2
    - برقکافت $NaCl(l)$: تبدیل $NaCl$ مذاب به Na مذاب (فراورده اصلی) و گاز Cl_2
    - برقکافت $Al_2O_3(l)$: تبدیل Al_2O_3 مذاب به Al مذاب (فراورده اصلی) و گاز CO_2 (فرایند هال)
    - آبکاری: پوشاندن سطح یک فلز با لایه نازکی از فلزات ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی

ابزار اصلی توسعه اقتصاد و موفقیت

مقایسه / سلول	گالوانی	الکترولیتی
محل اکسایش و کاهش	اکسایش در آند و کاهش در کاتد	
جهت حرکت الکترون	از آند به سمت کاتد	
جهت حرکت یون	آنیون به سمت آند و کاتیون به سمت کاتد	
کاربرد سلول	تولید انرژی با انجام واکنش اکسایش - کاهش	انجام واکنش شیمیایی با اعمال ولتاژ بیرونی معین
قطب مثبت و منفی	آند قطب منفی و کاتد قطب مثبت	آند قطب مثبت و کاتد قطب منفی
تعداد الکترولیت	دو الکترولیت متفاوت (محلول)	یک الکترولیت (محلول یا مذاب)
جنس الکترودها	متفاوت جز در سلول سوختی	یکسان جز در آبکاری
شرکت الکترود در واکنش	شرکت می‌کند به جز در SHE و سلول سوختی	شرکت نمی‌کند به جز در آبکاری و سلول هال
سطح آنتالپی	واکنش‌دهنده‌ها > فراورده‌ها	فراورده‌ها > واکنش‌دهنده‌ها



$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e$

$4H_2O + 4e \longrightarrow 4OH^- + 2H_2$

کاتد قطب منفی	نام و علامت الکترود	آند قطب مثبت
کاهش هیدروژن	واکنش شیمیایی	اکسایش هیدروژن
بازی و آبی	خاصیت و رنگ کاغذ pH	اسیدی و قرمز
هیدروژن	گاز تولید شده	اکسیژن

نکات:

۱ـ آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد، از این رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود.

۲ـ واکنش کامل انجام شده در برقکافت آب برعکس سلول سوختی است، یعنی $4e$ $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H_2$

تمرین: اگر در برقکافت آب ۱ مول الکترون از باتری بگذرد:

الف) چند گرم اکسیژن در آند تولید می‌شود؟

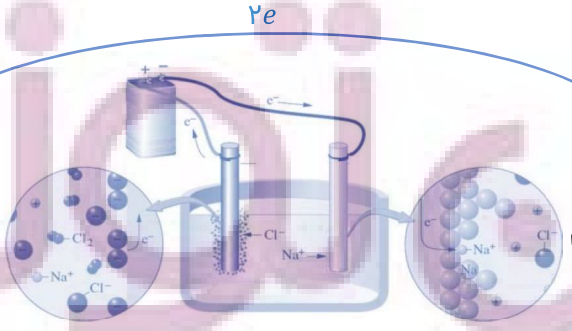
ب) چند لیتر هیدروژن در کاتد تولید می‌شود؟

پ) حجم گاز تولید شده در کاتد چند برابر آند است؟

ت) جرم گاز تولید شده در کاتد چند برابر آند است؟

ث) چند مولکول آب در کاتد مصرف می‌شود؟

برقکافت $NaCl(l)$ و تهیه فلز سدیم:



نکات:

۱ـ هدف این سلول، تولید سدیم است. سدیم یک کاهنده قوی است و در طبیعت به صورت آزاد یافت نمی‌شود.

۲ـ $NaCl$ در این سلول به صورت مذاب به کار می‌رود.

۳ـ $NaCl$ خالص دمای ذوب ۸۰۱°C دارد و با افزودن $CaCl_2$ به آن، دمای ذوب را تا حدود ۵۸۷°C پایین می‌آورند. (صرفه اقتصادی)

۴ـ مراحل تولید Mg از آب دریا:

۱ـ OH^- اضافه می‌کنیم تا Mg^{2+}های درون آب به صورت $Mg(OH)_2$ رسوب کند و با صافی جداسازی شود.

۲ـ به $Mg(OH)_2$، HCl اضافه می‌کنیم تا $MgCl_2$ محلول تولید شود.

۳ـ با حرارت $MgCl_2$ را خشک می‌کنیم ($MgCl_2\ (s)$) و سپس ذوب می‌کنیم ($MgCl_2\ (l)$)

۴ـ با برقکافت Mg و Cl_2 تولید می‌کنیم و کلر را جهت تولید دوباره HCl استفاده می‌کنیم. (چگالی $Mg(l) < MgCl_2(l)$)

خوردگی یک واکنش اکسایش - کاهش ناخواسته

خوردگی

- تعریف: فرایند ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر اکسید شدن (تشکیل لایه ترد و شکننده که به تدریج فرو می‌ریزد.)
- مثال‌ها: کدر شدن نقره، زنگ زدن آهن و زنگار سبز بر سطح مس (برخی فلزات مانند آلومینیوم و تیتانیم اکسید می‌شوند اما خورده نمی‌شوند.)
- سالانه حدود ۲۰ درصد آهن تولید شده صرف جایگزینی قطعه‌های خورده شده می‌شود. (آهن = پر مصرف‌ترین فلز جهان)

خوردگی آهن

- سرعت این واکنش کند است و برای انجام آن رطوبت و اکسیژن نیاز است و در محیط اسیدی به میزان بیشتر رخ می‌دهد.
- در زنگ آهن Fe^{3+} وجود دارد و زیبایی و استحکام آهن در اثر زنگ زدن کاسته می‌شود و به سلامت بدن آسیب می‌رساند.

پیشگیری

ساده‌ترین راه

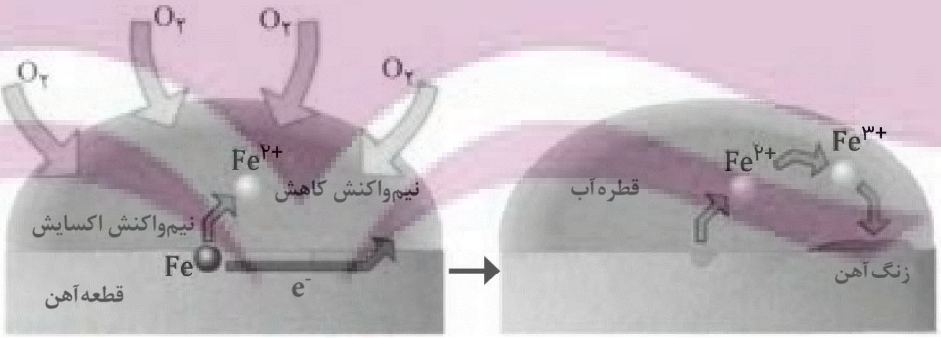
- پوشش محافظ مانند رنگ، قیر و روکش ⟸ جلوگیری از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن
- به تدریج رطوبت و اکسیژن از روزنه‌ها به درون نفوذ می‌کنند ⟸ به طور کامل از خوردگی جلوگیری نمی‌کنند

فداکاری فلزات با $E°$ کمتر از آهن

- فلزات کاهنده‌تر مانند Mg و Zn در رقابت برای از دست دادن الکترون برنده می‌شوند.
- پیشگیری مؤثرتری نسبت به پوشش محافظ است و نیاز به تعویض دارد.
- مثال: حفاظت بدنه کشتی و لوله‌های نفتی با Mg و آهن گالوانیزه با روی

قطره آب	فلز آهن
رسانایی یونی	رسانای الکترونی
مدار بیرونی	مدار بیرونی

زیر قطره	اطراف قطره
غلظت کم O_2	غلظت زیاد O_2
پایگاه آندی	پایگاه کاتدی



$$2Fe(s) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + 4e$$

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e \longrightarrow 4OH^-(aq)$$

$$2Fe(s) + O_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow 2Fe(OH)_2(s)$$

$$4Fe^{2+} \longrightarrow 4Fe^{3+} + 4e$$

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e \longrightarrow 4OH^-(aq)$$

$$4Fe^{2+} + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4Fe^{3+} + 4OH^-$$

$$4Fe + 6H_2O + 3O_2 \longrightarrow 4Fe(OH)_3(s) \quad 12e$$

تمرین: اعداد ۱/۵۰+، ۱/۲۳+، ۰/۴۰+ و ۰/۴۴- می‌توانند $E°$ کدام واکنش‌های زیر باشند؟

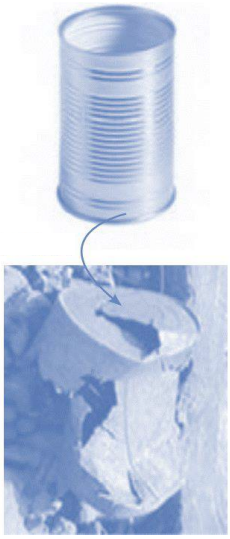
$Fe^{2+} + 2e \longrightarrow Fe$

$O_2 + 4H^+ + 4e \longrightarrow 2H_2O$

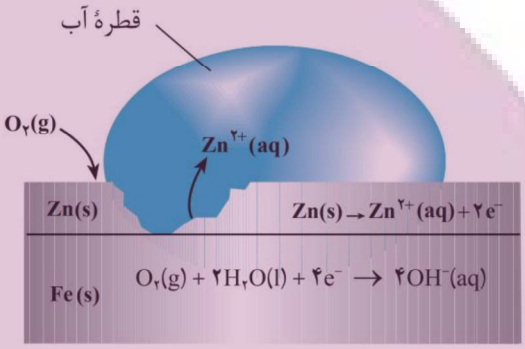
$Au^{3+} + 3e \longrightarrow Au$

$O_2 + 2H_2O + 4e \longrightarrow 4OH^-$

نکته: Fe^{2+} سبز رنگ و Fe^{3+} قرمز رنگ است.

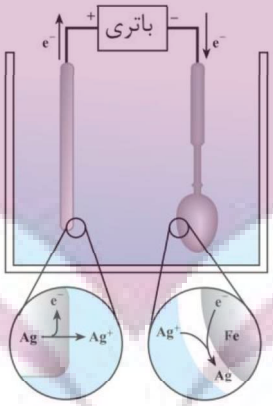


ویژگی‌ها / نوع آهن		آهن گالوانیزه (آهن سفید)	حلبی
پوشش محافظ آهن		Zn (روی)	Sn (قلع)
نوع حفاظت		پوشش و فداکاری (حفاظت کاتدی)	پوشش
کاربرد		تانکر آب و کانال کولر	قوطی روغن و کنسرو (بسته نگهداری مواد غذایی)
پس از ایجاد خراش	آند	Zn	Fe
	کاتد	Fe	Sn
	گونه کاهنده	Zn	Fe
	گونه اکسنده	O_2	O_2
	نیم‌واکنش آندی	$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e$	$Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e$
	نیم‌واکنش کاتدی	$O_2 + 2H_2O + 4e \longrightarrow 4OH^-$	$O_2 + 2H_2O + 4e \longrightarrow 4OH^-$
	سرعت خوردگی	کندتر و دشوارتر	سریع‌تر و آسان‌تر



$Ag(s) \longrightarrow Ag^+(aq) + e$

$e + Ag^+(aq) \longrightarrow Ag(s)$



آند
- متصل به قطب مثبت باتری
- از جنس روکش
- اکسایش اتم‌های آن و کاهش جرم

کاتد
- متصل به قطب منفی باتری
- جسمی که آبکاری می‌شود (رسانا)
- کاهش کاتیون در سطح آن و افزایش جرم

نکات:

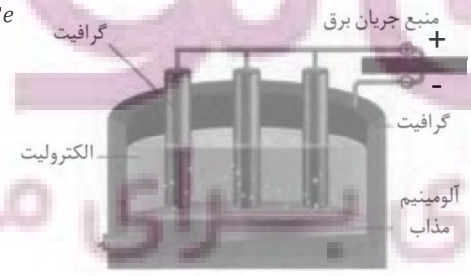
۱ـ الکترولیت باید از جنس نمک‌های آند (روکش) باشد و غلظت آن ثابت می‌ماند.

۲ـ هر چقدر از جرم آند کاسته شود، همانقدر به جرم کاتد افزوده می‌شود ⟸ مجموع جرم آند و کاتد ثابت می‌ماند.

۳ـ اگر باتری متصل نباشد، قاشق فولادی دچار اکسایش می‌شود و کاتیون‌های Ag^+ کاهش می‌یابند: $Fe(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

$6O^{2-}(l) + 3C(s) \longrightarrow 3CO_2(g) + 12e$

$12e + 4Al^{3+}(l) \longrightarrow 4Al(l)$



آند
- متصل به قطب مثبت باتری
- از جنس گرافیت
- در واکنش شرکت می‌کند

کاتد
- متصل به قطب منفی باتری
- از جنس گرافیت
- در واکنش شرکت نمی‌کند.

- آلومینیوم
  - اکسایش سریع (E° منفی)
    - تشکیل لایه چسبنده و متراکم Al_2O_3 ← جلوگیری از ادامه اکسایش ← عدم خوردگی ← حفظ استحکام
    - جزو فلزات فعال است و در طبیعت به شکل ترکیب یافت می‌شود.
  - کاربرد: ساخت لوازم خانگی (مانند چرخ گوشت)، هواپیما، کشتی، موتور خودرو و ...
  - فرایند هال
    - برقکافت نمک مذاب Al_2O_3 به منظور تولید Al (چگالی $Al(l) > Al_2O_3$)
    - ابداع توسط مارتین هال شیمی‌دان آمریکایی در ۲۳ سالگی
    - مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی
      - هزینه بالا
      - تولید گازهای گلخانه‌ای
  - بازیافت
    - افزایش عمر یکی از مهم‌ترین منابع تجدید ناپذیر طبیعت
    - کاهش هزینه‌های تولید (مصرف انرژی ۷ درصد هال) ← تولید کمتر گاز گلخانه‌ای

نکات:

۱ـ در فرایند هال همانند آبکاری، جرم الکترود کاهش می‌یابد.

۲ـ در فرایند هال جرم مواد موجود در سلول کاهش می‌یابد.

- سلول نور الکتروشیمیایی
  - بهره بردن از نور برای انجام واکنش اکسایش ـ کاهش ← استفاده از انرژی پاک و تجدیدپذیر
  - مثال: تولید گاز هیدروژن
    - نوعی سلول گالوانی
    - آند: $E^\circ = -0/84$ $Si(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow SiO_2 + 4H^+(aq) + 4e$
    - کاتد: $E^\circ = -0/83$ $2H_2O(l) + 2e \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$
    - $emf = +0/01\,V$ و سرعت و بازده پایین ← اما همچنان برخی آن را برای تهیه H_2 مناسب می‌دانند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فصل نهم

شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

درباره این فصل

فصل نهم کتاب جت، در یک کلمه به بررسی ترکیبات مختلف می‌پردازد. در این فصل ترکیبات کووالانسی، مولکولی، فلزی و یونی بررسی می‌شوند و با شباهت‌ها و تفاوت‌های آنها آشنا خواهید شد. ۸ و نیم صفحه درسنامه این فصل، برای تدریس در ۱ جلسه تنظیم شده است و مطمئن باشید تمام آنچه که برای جلسه کنکور نیاز دارید را در همین صفحات گنجانده‌ام. ۷۰ تست جت و ۳۵ تست جت پلاس این بخش شاید کمی برای یک جلسه زیاد به نظر برسد که این تعداد تست را در فصل بعد جبران کرده‌ام که برای ۲ جلسه کلاس ۸۰ تست (و نه ۱۰۰ تست) خواهیم داشت.

تعداد تست این فصل در کنکور: ۲ تست مستقیم

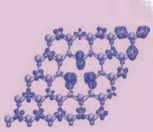
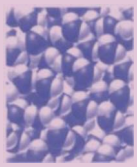
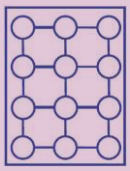
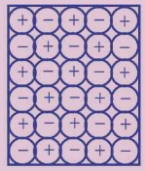
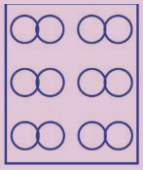
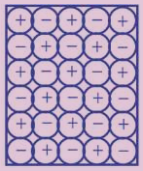
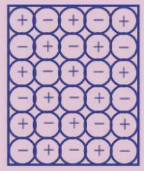
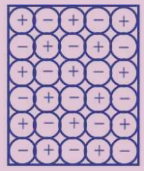
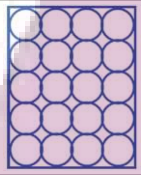
تعداد جلسات جت: ۱ جلسه

ایران کنکور
توشه ای برای موفقیت

مقدمه

آثار به جای مانده از گذشتگان

- تحت تأثیر: محیط و شیوه زندگی، آیین ها، آداب و رسوم و ادبیات و افسانه ها⇐نمادی از هنر زمان خود
- مواد اولیه ساخت این آثار: فراوان و در دسترس، واکنش پذیری کم، استحکام زیاد و پایداری مناسب
- فایده: بررسی مقدار، ساختار و رفتار مواد سازنده این آثار ⇐دستیابی به مواد جدیدتر با بهره گیری از دانش شیمی

مواد نوعی خاک رس	SiO_2	Al_2O_3	H_2O	Na_2O	Fe_2O_3	MgO	Au و دیگر مواد
درصد جرمی	۴۶/۲۰	۳۷/۷۴	۱۳/۳۲	۱/۲۴	./۹۶	./۴۴	./۱
نوع ترکیب	کووالانسی	یونی	مولکولی	یونی	یونی	یونی	فلزی
نام شیمیایی	سیلیس	آلومینیم اکسید	آب	سدیم اکسید	آهن (III) اکسید	منیزیم اکسید	طلا
ویژگی خاص	فراوان‌ترین اکسید پوسته زمین	به صورت ناخالص در بوکسیت	بیشترین کاهش جرم هنگام پختن سفالینه	اکسید قلیایی	علت سرخ فام بودن خاک رس	اکسید قلیایی	خاک رس معدن طلا
تصویر سه بعدی							
تصویر دو بعدی							

نکته: درصد جرمی هر ماده در نمونه، گرم آن ماده را در صد گرم از نمونه نشان می‌دهد یا $\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم نمونه}} \times 100$

تمرین: نمونه‌ای از خاک رس دارای ۴۰ درصد جرمی SiO_2، ۳۰ درصد جرمی H_2O و ۱۴ درصد Al_2O_3 است:

الف) درصد جرمی هیدروژن در این خاک را محاسبه کنید.

ب) اگر در اثر پختن درصد جرمی آب به ۱۲/۵ درصد برسد، درصد جرمی سیلیس به چند درصد رسیده است؟

پ) اگر با اضافه کردن آب درصد جرمی آب به ۵۰ درصد برسد، درصد جرمی Al_2O_3 به چند درصد رسیده است؟

انواع ترکیب

ترکیب مولکولی

- عنصرهای سازنده: نافلز یا شبه فلز ⇐در حد کتاب درسی در هیچ ترکیب مولکولی اتم فلزی وجود ندارد. (گروه‌های ۱۴ تا ۱۷ و هیدروژن)
- پیوندهای سازنده
  - درون مولکول‌ها: پیوند کووالانسی (به همراه جفت الکترون‌های ناپیوندی ویژگی‌های شیمیایی ترکیب را تعیین می‌کنند.)
  - بین مولکول‌ها
    - پیوند هیدروژنی (اگر در ساختار مولکول اتم هیدروژن به یکی از اتم‌های FON متصل باشد)
    - نیروی واندروالسی (سایر نیروهای بین مولکولی غیر از هیدروژن)

تعیین خواص فیزیکی مانند آنتالپی تبخیر و نقطه جوش

- متنوع‌ترین ترکیب‌های شیمیایی (اغلب مواد آلی مولکولی هستند) ← صابون ماده آلی غیرمولکولی (ترکیب یونی)

ترکیب کووالانسی

- عنصرهای سازنده: نافلز یا شبه فلز ⇐ عنصرهای اصلی سازنده: کربن و سیلیسیم (یون تک اتمی ندارد) (گروه ۱۴)
- پیوندهای سازنده: شمار زیادی اتم با پیوند کووالانسی به هم متصل شده‌اند و ساختارهای پیوسته و غول آسا را تشکیل داده‌اند ⇐ سختی بالا و دیرگداز
- در دما و فشار اتاق به حالت جامد هستند ⇐ جامد کووالانسی نیز خوانده می‌شوند.
- لیست جامدهای کووالانسی کتاب درسی: گرافیت C (و گرافن)، الماس C، Si، SiO_2، SiC

- ترکیب یونی
  - ترکیب یونی دوتایی
    - تعریف: ترکیب یونی حاصل از دو عنصر ⇐ یکی فلزی و دیگری نافلزی
    - پیوندهای سازنده: پیوندهای یونی
  - ترکیب یونی چندتایی
    - تعریف: ترکیب‌های یونی دارای یون‌های چند اتمی (NH_4^+، NO_3^-، OH^-، HCO_3^-، CN^-، MnO_4^-، CO_3^{2-}، SO_4^{2-}، PO_4^{3-}، SiO_4^{4-})
    - پیوندهای سازنده: پیوند یونی بین یون‌های مثبت و منفی و پیوند کووالانسی درون یون چند اتمی
- ترکیب فلزی
  - عنصرهای سازنده: اتم‌های فلزی
  - پیوندهای سازنده: پیوند فلزی (نظریه دریای الکترون)

سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار

ریدینگ سیلیس

سیلیس یک جامد $\frac{\text{کووالانسی}}{\text{مولکولی}}$ با فرمول SiO_2 است و از دو عنصر سیلیسیم و اکسیژن تشکیل یافته است. سیلیسیم $\frac{\text{دومین}}{\text{سومین}}$ عنصر فراوان در پوسته‌ی جامد زمین و اکسیژن $\frac{\text{دومین}}{\text{سومین}}$ عنصر فراوان در کره‌ی زمین است. ترکیب‌های $\frac{\text{سیلیسیم}}{\text{اکسیژن}}$ بیش از ۹۰ درصد جرم $\frac{\text{پوسته}}{\text{کره}}$ زمین را تشکیل می‌دهند. و سیلیس فراوان‌ترین اکسید $\frac{\text{کره}}{\text{پوسته}}$ زمین است.

در ساختار سیلیس همه‌ی اتم‌ها با پیوند $\frac{\text{اشتراکی}}{\text{کووالانسی}}$ به هم متصل شده‌اند و پیوند $\frac{\text{واندروالسی}}{\text{هیدروژنی}}$ در آن وجود ندارد. در سیلیس اتم $\frac{Si}{O}$ به دو اتم $\frac{Si}{O}$ متصل است و ساختار آن از حلقه‌های $\frac{۶}{۱۲}$ ضلعی ساخته شده است که اتم‌های $\frac{Si}{O}$ در رأس این حلقه‌ها قرار دارند. ساختار بلور SiO_2 با CO_2 $\frac{\text{مشابه}}{\text{متفاوت}}$ است.

سیلیس در حالت خالص و تراش خورده $\frac{\text{شفاف}}{\text{سخت}}$ است و خواص نوری ویژه‌ای دارد و در ساختار $\frac{\text{منشورها}}{\text{عدسی‌ها}}$ به کار می‌رود که $\frac{\text{کوارتز}}{\text{زمرد}}$ از نمونه‌های آن است.

سیلیس ناخالص در ساختار $\frac{\text{شن و ماسه و خاک رس}}{\text{سنگ و صخره}}$ به کار رفته است که پختن نان سنگک بر روی دانه‌های سنگ را می‌توان نشانه $\frac{\text{مقاومت}}{\text{رسانایی}}$ گرمایی بالای سیلیس دانست.

سیلیس $\frac{\text{همانند}}{\text{برخلاف}}$ یخ $\frac{\text{شفاف}}{\text{دیرگداز}}$ است و $\frac{\text{همانند}}{\text{برخلاف}}$ یخ $\frac{\text{رسانا}}{\text{نارسانا}}$ است. سیلیس از $\frac{\text{الماس}}{\text{سیلیسیم}}$ سخت‌تر است و نقطه ذوب و جوش بالاتری از $\frac{\text{سیلیسیم}}{\text{سیلیسیم کاربید}}$ دارد.

	پیوند کووالانسی	پیوند واندروالسی	ماده‌ی کووالانسی	ماده‌ی مولکولی	نقطه جوش	سختی	مقاومت گرمایی
SiO_2	دارد	ندارد	است	نیست	بالاتر	بالاتر	بالاتر
CO_2	دارد	دارد	نیست	است	پایین‌تر	پایین‌تر	پایین‌تر

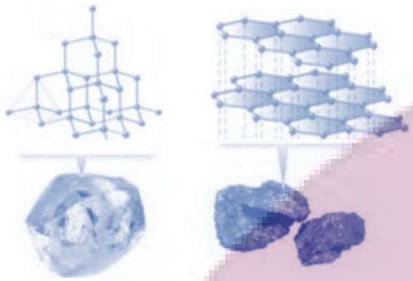
سوتی نده: برای سیلیس (جامدهای کووالانسی)، نمک‌ها (جامد یونی) و فلزات (جامد فلزی) واژه فرمول مولکولی به کار نمی‌رود.

نکته: الماس و گرافیت از جمله دگرشکل (آلوتروپ) های طبیعی کربن هستند (یعنی کربن دگرشکل‌های دیگری هم دارد.)

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

ویژگی / ماده	نوع جامد	نقطه ذوب	شمار اتم‌های کربن پیرامون هر اتم	شمار پیوندهای کووالانسی پیرامون هر اتم	شمار مولکول‌های غول‌آسا در بلور	سختی	چگالی	طول پیوند	آنتالپی پیوند	پایداری	آنتالپی سوختن	رسانایی الکتریکی	ظاهر	کاربردها
الماس	کووالانسی سه بعدی	بالا	۴	۴	۱	سخت	بیشتر	بلندتر	کمتر	کمتر	بزرگ‌تر (منفی‌تر)	ندارد	شفاف	جواهرات مته و ابزار برش شیشه
گرافیت	کووالانسی دو بعدی	بالا	۳	۴	زیاد	نرم	کمتر	کوتاه‌تر	بیشتر	بیشتر	کوچک‌تر	دارد	کدر و تیره	مغز مداد و الکترود

ماده / آنتالپی پیوند	سختی	نقطه ذوب	پایداری	در طبیعت	شفافیت
الماس: رتبه ۱	رتبه ۱	رتبه ۱	رتبه ۱	است	شفاف
سیلیس: رتبه ۲	رتبه ۲	رتبه ۲	رتبه ۲	است	شفاف
سیلیسیم کربید: رتبه ۳	رتبه ۳	رتبه ۳	رتبه ۳	است	
سیلیسیم: رتبه ۴	رتبه ۴	رتبه ۴	رتبه ۴	نیست	کدر



نکته: SiC یا سیلیسیم کربید ساینده‌ای ارزان است و در تولید سمباده به کار می‌رود.

گرافن، گونه‌ای به ضخامت یک اتم

ریدینگ گرافن

چند / تک لایه‌ای از گرافیت است که در آن اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل شده‌اند. اتم‌های کربن در آن حلقه‌های چهار / شش گوشه تشکیل داده‌اند که در آن هر اتم کربن بین سه / دو حلقه مشترک است. الگویی برخلاف / همانند کندوی زنبورعسل دارد که باعث شده مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ / ۲۰ برابر فولاد شود. یک جامد کووالانسی سه / دو بعدی است که همانند / برخلاف گرافیت انعطاف‌پذیر است. در گرافن هر اتم کربن به ۲ / ۳ اتم کربن دیگر متصل است و نوع پیوندهای میان اتم‌های کربن آن مشابه بنزن است / نیست. گرافن همانند / برخلاف الماس انعطاف‌پذیر بوده و رسانای جریان الکتریسیته است / نیست. با استفاده از گرافیت / نوارچسب می‌توان لایه‌ای به ضخامت میکرومتر / نانومتر از گرافیت تهیه کرد که همان گرافن است / نیست.

سازه‌های یخی، زیبا با ظاهری سخت اما زودگذر

ریدینگ ترکیب‌های مولکولی

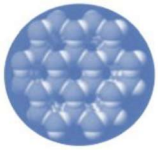
در مواد مولکولی چند اتم / تمام اتم‌ها با پیوند اشتراکی / کووالانسی به هم متصل شده‌اند و مولکول‌ها را تشکیل داده‌اند که بین مولکول‌ها نیروی واندروالسی / هیدروژنی وجود دارد. فرمول مولکولی تعداد اتم‌های سازنده / نوع عناصر را در یک ترکیب مولکولی نشان می‌دهد. به موادی که فرمول مولکولی یکسان / متفاوت و فرمول ساختاری یکسان / متفاوت دارند، ایزومر / آلوتروپ می‌گوییم. رفتار فیزیکی / شیمیایی مواد مولکولی به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی آن‌ها بستگی دارد و الکترون‌های پیوندی / ناپیوندی ویژگی‌های شیمیایی یک ترکیب مولکولی را تعیین می‌کنند.

تنوع ترکیب‌های مولکولی از سایر ترکیب‌ها بیشتر / کمتر است و همه‌ی / اغلب ترکیب‌های آلی مولکولی هستند. مواد مولکولی در حالت جامد / مایع رسانای جریان برق هستند / نیستند و معمولاً در حالت جامد سخت / نرم هستند و چکش‌خوار هستند / نیستند.

مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته قطبی / ناقطبی هستند و مولکول‌های چند اتمی به شرطی که روی اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی نداشته باشیم و همه‌ی اتم‌های کناری از یک نوع باشند قطبی / ناقطبی هستند.

مولکول‌های مواد در همه‌ی حالت‌های فیزیکی / حالت مایع و گاز دائماً در حال جنبش هستند. از نظر اندازه مولکول‌ها یا کوچک و متوسط هستند یا بزرگ، که مولکول‌های بزرگ خود غیر پلیمر یا پلیمر هستند. مواد مولکولی همانند جامدهای یونی / جامدهای کووالانسی و همانند / برخلاف جامدهای فلزی می‌توانند از یک نوع اتم تشکیل یافته باشند. ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق هستند، مولکولی هستند.

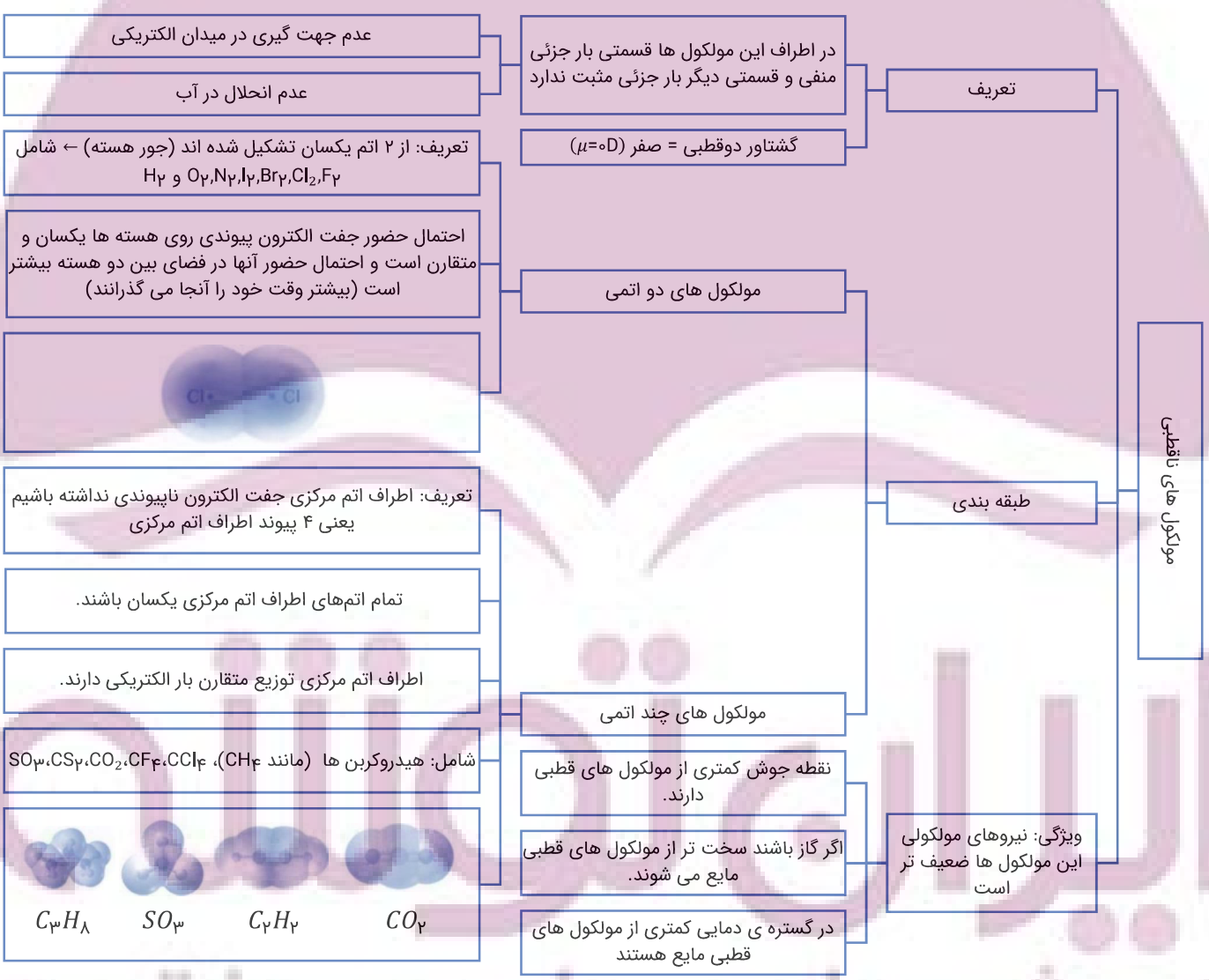
ریدینگ بلور یخ



یخ آرایش $\frac{\text{منظم}}{\text{سه‌بعدی}}$ از مولکول‌های H_2O است که از حلقه‌هایی با تعداد اضلاع یکسان با $\frac{\text{گرافن}}{\text{بنزن}}$ همانند کندوی زنبور عسل با استحکام $\frac{\text{اندک}}{\text{ویژه}}$ پدید آمده است. این حلقه‌ها از پیوندهای $\frac{\text{کووالانسی}}{\text{هیدروژنی}}$ تشکیل یافته که اتم با بار جزئی $\frac{\text{مثبت}}{\text{منفی}}$ در رأس حلقه‌ها جای گرفته است و این حلقه‌ها مبنای تشکیل دانه‌های برف هستند. مولکول‌های سازنده‌ی یخ ساختاری $\frac{\text{خطی}}{\text{خمیده}}$ دارند و در یخ هر اتم اکسیژن با دو پیوند $\frac{\text{کووالانسی}}{\text{هیدروژنی}}$ به دو اتم هیدروژن متصل شده است. یخ $\frac{\text{همانند}}{\text{برخلاف}}$ سیلیس شفاف است و سخت $\frac{\text{است}}{\text{نیست}}$ و دیر گداز $\frac{\text{نیست}}{\text{است}}$. سطح انرژی یخ از آب $\frac{\text{کمتر}}{\text{بیشتر}}$ است، پس جنبش مولکول‌های یخ $\frac{\text{کمتر}}{\text{بیشتر}}$ است و در جاهای $\frac{\text{نسبتا}}{\text{کاملا}}$ ثابت قرار دارند. هنگام تبدیل آب به یخ تعداد پیوندهای هیدروژنی $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ و فضای خالی $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ می‌یابد بنابراین $\frac{\text{حجم}}{\text{چگالی}}$ یخ از آب کمتر است.

	نوع ترکیب	پیوند کووالانسی	نیروی بین مولکولی	سه‌بعدی بودن	شفافیت	سختی	دمای ذوب	اتم گوشه در حلقه ۶ ضلعی
یخ	مولکولی	✓	✓	✓	✓	سخت	پایین‌تر	O
سیلیس	کووالانسی	✓	✗	✓	✓	سخت‌تر	بالاتر	Si

رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون



توشه ای برای موفقیت

مولکول های قطبی

تعریف

- در اطراف این مولکول ها قسمتی بار جزئیِ منفی و قسمتی دیگر بار جزئی مثبت دارد
  - جهت گیری در میدان الکتریکی
  - انحلال در آب
- گشتاور دو قطبی بزرگتر از صفر ($\mu > 0D$)
  - تعریف: از ۲ اتم متفاوت تشکیل شده اند (ناجور هسته)
    ← مثال: HF, HCl, HBr, HI, CO, NO

طبقه بندی

- مولکول های دو اتمی
  - احتمال حضور جفت الکترون پیوندی روی هسته ها یکسان و متقارن نیست و احتمال حضور آن ها پیرامون یکی از هسته ها بیشتر است (مقایسه خصلت فلزی: H<C<S<Cl<N<O<F)
  -

- مولکول های چند اتمی
  - تعریف: اطراف اتم مرکزی جفت الکترون ناپیوندی داشته باشیم یعنی کمتر از ۴ پیوند اطراف اتم مرکزی
  - تمام اتم‌های اطراف اتم مرکزی یکسان نباشند.
  - اطراف اتم مرکزی توزیع متقارن بار الکتریکی ندارند یعنی قسمتی مثبت (آبی) و قسمتی منفی (قرمز) است.
  - شامل: NH_3، NCl_3، PH_3، H_2O، H_2S، OF_2، SO_2، $HClO$، $SOCl_2$، SCO، $CHCl_3$، HCN، $COCl_2$ و ترکیب های سبک دارای گروه عاملی (الکل ها، اترها مانند دی متیل اتر، کتون مانند استون، آلدهیدها مانند فرمالدهید، استرها و کربوکسیلیک اسیدها)
  -

ویژگی: نیروهای بین مولکولی این مولکول ها قوی تر است

- نقطه جوش بیشتری از مولکول های ناقطبی دارند.
- اگر گاز باشند آسان تر از مولکول های ناقطبی مایع می شوند.
- در گستره ی دمایی بیشتری از مولکول های ناقطبی مایع هستند.

نکات:

۱ـ در ساختار لوویس جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی اطراف هر اتم (جز هیدروژن) از قاعده‌ی هشت‌تایی پیروی می‌کند.

۲ـ در مولکول‌های چند اتمی ناقطبی بار جزئی مثبت (+δ) و منفی (-δ) داریم، اما چون در نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی بار الکتریکی متقارن توزیع شده است، مولکول ناقطبی است.

۳ـ در مولکول‌های خطی سه اتمی، هسته هر سه اتم سازنده آن بر روی یک خط راست قرار دارند ← مثال: CO_2، CS_2، SCO، HCN

ویژگی / ماده	نام شیمیایی	قطبیت	حالت فیزیکی	رنگ	عدد اکسایش کربن	جفت e پیوندی	جفت e ناپیوندی
CH_4	متان	ناقطبی	گاز	بی‌رنگ	−۴	۴	صفر
CCl_4	کربن تتراکلرید	ناقطبی	مایع	بی‌رنگ	+۴	۴	۱۲
$CHCl_3$	کلروفرم	قطبی	مایع	بی‌رنگ	+۲	۴	۹

۴ـ باریکه‌ی $\frac{\text{کربن تتراکلرید}}{\text{کلروفرم}}$ در کنار میله‌ی باردار منحرف می‌شود.

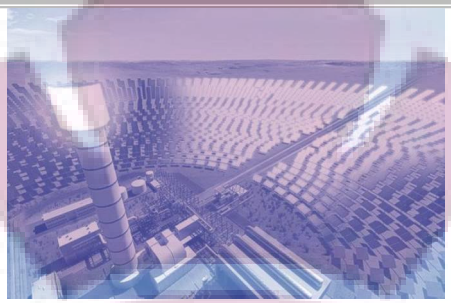
۵ـ در نقشه‌ی پتانسیل الکترواستاتیکی متان، اتم کربن $\frac{\text{قرمز}}{\text{آبی}}$ رنگ است و در $\frac{\text{کلروفرم}}{\text{کربن تتراکلرید}}$ کربن آبی‌رنگ است.

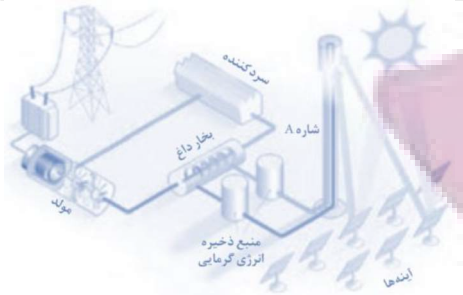
ریدینگ کربونیل سولفید

شمار پیوندهای کووالانسی در این مولکول $\frac{۲}{۳}$ برابر مولکول هیدروژن سولفید است. در نقشه پتانسیل الکتریکی آن، شدت رنگ‌های سرخ و آبی به‌ترتیب روی اتم‌های $\frac{\text{اکسیژن}}{\text{کربن}}$ و $\frac{\text{کربن}}{\text{اکسیژن}}$ از همه بیشتر است. این مولکول $\frac{\text{برخلاف}}{\text{همانند}}$ کربن دی اکسید، $\frac{\text{خمیده}}{\text{خطی}}$ است اما $\frac{\text{همانند}}{\text{برخلاف}}$ آن در میدان الکتریکی جهت‌گیری $\frac{\text{می‌کند}}{\text{نمی‌کند}}$.

در شرایط یکسان، $\frac{\text{سخت‌تر}}{\text{آسان‌تر}}$ از کربن دی اکسید، مایع می‌شود. تمام اتم‌ها در آن به آرایش هشتایی رسیده‌اند و بار جزئی روی اتم کربن $\frac{\text{منفی}}{\text{مثبت}}$ است. عدد اکسایش کربن در آن مشابه عدد اکسایش $\frac{\text{اکسیژن}}{\text{نیتروژن}}$ در نیتروژن دی اکسید است. درصد جرمی گوگرد در این ترکیب $\frac{\text{کم‌تر}}{\text{بیش‌از}}$ ۲/۵ برابر کربن است. دارای شکل هندسی مشابه و شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی یکسانی با دی نیتروژن مونوکسید $\frac{\text{نیست}}{\text{است}}$.

هنرنمایی شاره (سیال)های مولکولی و یونی برای تولید برق





مراحل تولید برق از پرتوهای خورشیدی:

۱ـ برخورد نور با آیینه‌ها

۲ـ متمرکز کردن نور روی برج گیرنده

۳ـ داغ شدن شاره یونی (از ۸۵۰°C به ۱۳۵۰°C)

۴ـ تولید بخار آب داغ

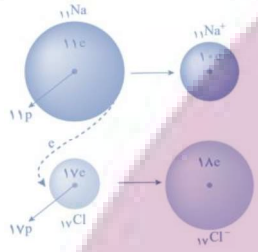
۵ـ به حرکت درآمدن توربین و تولید برق

۶ـ سرد شدن شاره یونی (از ۱۳۵۰°C به ۸۵۰°C)

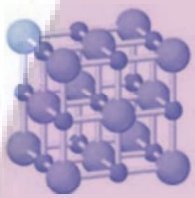
نکته: مقایسه نقطه ذوب و جوش، قدرت نیروی جاذبه میان ذرات و گستره دمایی مایع بودن ← جامد یونی ≅ جامد فلزی ≅ جامد کووالانسی > ماده مولکولی دارای پیوند هیدروژنی > ماده مولکولی قطبی > ماده مولکولی غیرقطبی

چینش زیبا، منظم و سه بعدی یون‌ها در جامد یونی

ریدینگ ترکیب های یونی

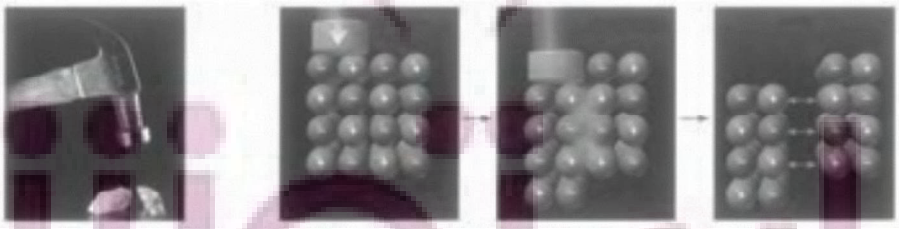


اگر یک فلز و نافلز واکنش‌پذیر در مجاورت هم قرار گیرند، فلز/نافلز با از دست دادن الکترون به عنوان کاهنده/اکسنده عمل می‌کند و شعاع آن کاهش/افزایش می‌یابد و تبدیل به کاتیون/آنیون می‌شود، بین یون‌های ناهمنام/همنام نیروی جاذبه/دافعه وجود دارد که از نیروی دیگر قوی‌تر/ضعیف‌تر است و پیوند یونی نامیده می‌شود. هر چه بار کاتیون و آنیون بیشتر/کمتر و شعاع کاتیون و آنیون بیشتر/کمتر باشد، پیوند یونی قوی‌تر است و آنتالپی فروپاشی شبکه بیشتر/کمتر است.



ترکیب‌های یونی الزاماً از فلز و نافلز/کاتیون و آنیون تشکیل یافته‌اند که اگر کاتیون و آنیون هر دو تک اتمی باشند و ترکیب یونی از دو عنصر/دو اتم تشکیل یافته باشد به آن ترکیب یونی دوتایی می‌گویند، و در صورت وجود یون‌های چند اتمی به آن ترکیب یونی چندتایی می‌گوییم. ترکیب‌های یونی دارای ساختار سه بعدی تکرارشونده/شبکه بلور هستند که در آن یون‌های ناهمنام/همنام تا حدامکان به هم نزدیک شده‌اند. به شمار دورترین/نزدیک‌ترین یون‌های ناهمنام/یون‌های اطراف هر یون عدد کوئوردیناسیون می‌گوییم. در یک ترکیب یونی تعداد آنیون‌ها و کاتیون‌ها/بار هر کاتیون و آنیون برابر است و ترکیب دارای بار الکتریکی خالص است/نیست.

با توجه به اینکه بین هر یون و تعداد محدودی/زیادی یون ناهمنام پیوند یونی وجود دارد، ترکیب‌های یونی نقطه ذوب/جوش بالایی دارند و در شرایط *STP* جامد هستند، به همین دلیل به آنها جامد یونی نیز گفته می‌شود. نقطه ذوب و جوش ترکیب‌های یونی به هم نزدیک/از هم دور هستند، یعنی این ترکیب‌ها در گستره‌ی دمایی زیادی/کمی مایع می‌مانند، بنابراین $NaCl$ به عنوان شاره‌ی ذخیره کننده انرژی/چرخاننده توربین در تولید انرژی الکتریکی از انرژی خورشید مناسب است. این ترکیبات سختی و استحکام کم/زیادی دارند و در اثر ضربه خرد می‌شوند/نمی‌شوند و در حالت جامد/محلول رسانای جریان برق هستند.



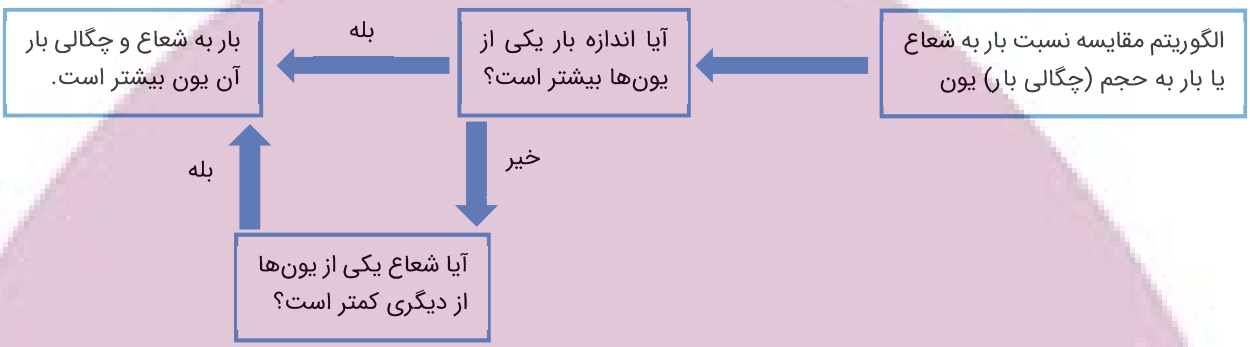
شمار و تنوع ترکیب‌های یونی از ترکیب‌های مولکولی کمتر/بیشتر است و از جامدات فلزی/کووالانسی بیشتر است. نقطه ذوب و جوش جامدهای یونی مانند جامدهای کووالانسی/مولکولی/فلزی بالاست و رسانایی ترکیب‌های یونی در حالت جامد مانند جامدهای کووالانسی/مولکولی/فلزی است و رسانایی ترکیب‌های یونی در حالت مذاب/محلول مانند جامدهای کووالانسی/مولکولی/فلزی است. در ساختار جامد یونی/فلزی کاتیون و در ساختار جامد یونی/فلزی آنیون دیده می‌شود.

در نامگذاری ترکیب‌های یونی دوتایی از قاعده‌ی اسم فلز (+ ظرفیت در صورت چند ظرفیتی بودن) + اسم نافلز + ید استفاده می‌کنیم که اگر نافلز عناصر اکسیژن، نیتروژن، فسفر و گوگرد باشد اسم آنیون آن‌ها اکسید، نیترید، فسفید و سولفید می‌باشد و ترکیب‌های یونی ساختار/فرمول مولکولی ندارد.

فرمول شیمیایی ترکیب‌های یونی همانند/برخلاف ترکیب‌های مولکولی، ساده‌ترین نسبت ذرات سازنده را نشان می‌دهد/نمی‌دهد.

- شبکه بلوری = توصیف آرایش منظم و سه بعدی در حالت جامد
  - اتم‌ها
    - جامد کووالانسی (مانند الماس)
    - جامد فلزی (مانند Mg)
  - یون‌ها
    - جامد یونی (مانند نمک)
  - مولکول‌ها
    - جامد مولکولی (مانند یخ)

- مقایسه شعاع‌ها
  - اتم‌ها
    - در گروه: از بالا به پایین شعاع افزایش می یابد $Li < Na < K$
    - در دوره: از راست به چپ شعاع افزایش می یابد $Na > Mg > Al$
  - یون‌ها
    - با بار یکسان: مانند شعاع اتمی $Li^+ < Na^+ < K^+$ یا $F^- < Cl^- < Br^-$
    - با بار متفاوت: $F^{3+} < E^{2+} < D^+ < C^- < B^{2-} < A^{3-}$



تمرین: چگالی بار یون‌های زیر را با هم مقایسه کنید.

الف) Al^{3+} Mg^{2+} Na^+

ب) N^{3-} O^{2-} F^-

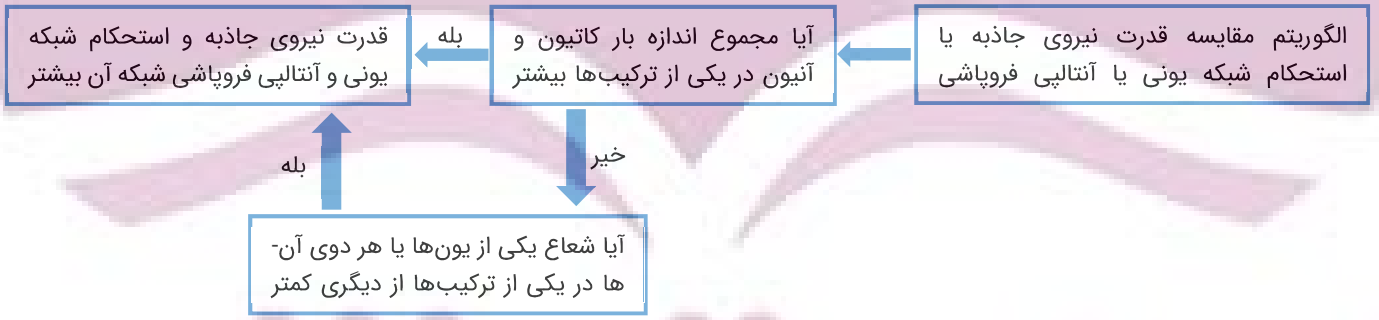
پ) K^+ Na^+ Li^+

ت) Br^- Cl^- F^-

ث) Al^{3+} P^{3-}

ج) O^{2-} Na^+

- آنتالپی
  - پیوند کووالانسی ← گرمای لازم برای آن که یک مول از ماده در حالت گازی تبدیل شود به اتم های گازی: $HCl(g) \rightarrow H(g)+Cl(g)$
  - فروپاشی شبکه یونی←گرمای لازم برای آن که یک مول از نمک در حالت جامد تبدیل شود به یون های گازی: $NaCl(s) \rightarrow Na^+(g)+Cl^-(g)$



تمرین: آنتالپی فروپاشی شبکه ترکیب‌های یونی زیر را با هم مقایسه کنید.

الف) MgO $NaCl$

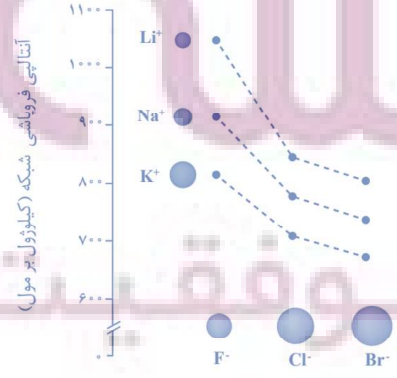
ب) Al_2O_3 AlN

پ) CaO Na_2O

ت) $NaCl$ NaF

ث) MgS AlF_3

ج) $LiCl$ KBr



توجه: در مورد نمودار روبرو به نکات زیر توجه کنید:

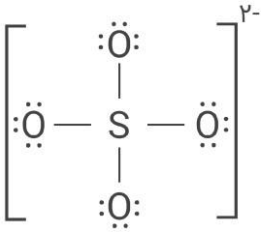
۱ـ در هر ۹ ترکیب، مجموع بار کاتیون و آنیون یکسان است و تفاوت‌ها در آنتالپی فروپاشی شبکه فقط به علت تفاوت شعاع است.

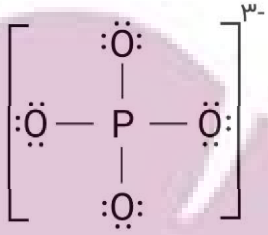
۲ـ اختلاف LiF و $LiCl$ < اختلاف $LiCl$ و $LiBr$

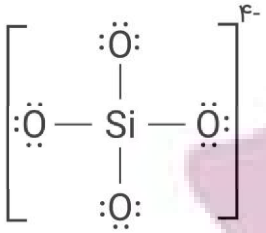
۳ـ اختلاف LiF و NaF < اختلاف NaF و KF

۴ـ ترتیب آنتالپی فروپاشی‌ها:

$$KBr < KCl < NaBr < NaCl < KF < LiBr < LiCl < NaF < LiF$$

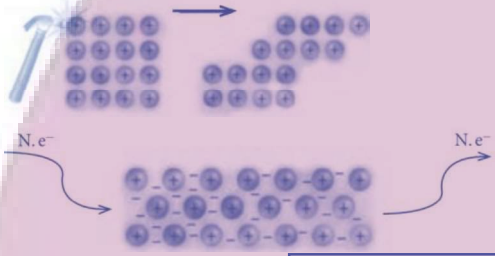
یون سولفات 

یون فسفات 

یون سیلیکات 

فلزها، عنصرهایی شکل‌پذیر با جلایی زیبا

- فلزات
  - تاریخی: دوره سنگی ← دوره برنز ← دوره آهن
  - در جدول دوره‌ای: بیشترین تعداد عناصر ← تمام دسته‌های d و f و بیشتر دسته s و قسمتی از دسته p
  - رفتارها
    - فیزیکی
      - مشابه: همگی رسانایی الکتریکی و گرمایی، شکل پذیری، (چکش خواری) و داشتن جلا
      - متنوع: سختی و نقطه ذوب و جوش فلزهای دسته d به طور کلی از فلزات اصلی بیشتر است. (سختی: آهن>طلا>سدیم)
    - شیمیایی
      - مشابه: همگی برای رسیدن به پایداری الکترون از دست می دهند.
      - متنوع: میزان واکنش پذیری (سدیم > آهن > طلا) و تنوع اعداد اکسایش (فلزهای واسطه اغلب چندظرفیتی و فلزهای اصلی اغلب یک ظرفیتی هستند.)
  - مدل دریای الکترونی
    - تعریف: ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در ۳ بعد است که در میان آن ها سست‌ترین الکترون‌ها (الکترون‌های ظرفیت) دریایی را ساخته و آزادانه جابه‌جا می شوند که چیدمان کاتیون‌ها را حفظ می‌کنند ← هر الکترون موجود در آن را نمی‌توان متعلق به یک اتم معین دانست.
    - توجیه: برخی رفتارهای فیزیکی
      - چکش خواری
      - رسانایی الکتریکی



- دنیای رنگ ها
  - احساس و درک رنگ: رسیدن پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج ۴۰۰nm تا ۷۰۰nm (نور مرئی) به چشم
  - رنگ اجسام: بستگی به طول موج های عبوری یا بازتاب شده از آنها دارد
    - TiO_2: رنگ دانه معدنی سفیدرنگ است، یعنی همه طول موج های مرئی را بازتاب می کند.
    - دوده: رنگ دانه معدنی سیاه است، یعنی همه طول موج های مرئی را جذب می کند.
    - Fe_2O_3: رنگ دانه معدنی قرمز است، یعنی طول موج های قرمز رنگ را بازتاب می کند.
  - رنگ‌های پوششی: کلوئیدهایی که لایه‌ای نازک روی سطح ایجاد می‌کنند ⇐ هم زیبایی ایجاد می‌کنند و هم مانع خوردگی می‌شوند.
  - وانادیم
    - نمک وانادیم(V)=V^{5+}=[Ar]=فقط اکسنده=زرد
    - نمک وانادیم(IV)=V^{4+}=$[Ar]3d^1$=اکسنده و کاهنده=آبی
    - نمک وانادیم(III)=V^{3+}=$[Ar]3d^2$=اکسنده و کاهنده=سبز
    - نمک وانادیم(II)=V^{2+}=$[Ar]3d^3$=اکسنده و کاهنده=بنفش

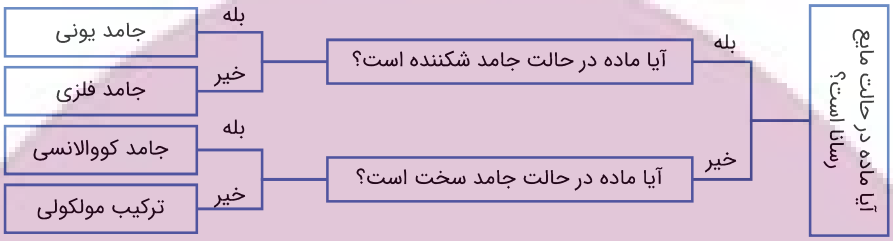
تیتانیم، فلزی فراتر از انتظار

تیتانیم عنصری با سطح $\frac{\text{درخشان}}{\text{کدر}}$ و $\frac{\text{چکش‌خوار}}{\text{شکننده}}$ است که رسانایی $\frac{\text{الکتریکی}}{\text{گرمایی}}$ بالایی دارد. این عنصر تمایل به $\frac{\text{مبادله}}{\text{اشتراک گذاری}}$ الکترون دارد و در حالت اتمی می تواند $\frac{\text{اکسنده}}{\text{کاهنده}}$ باشد. تیتانیم در $\frac{\text{گروه}}{\text{دوره}}$ چهارم جدول دوره‌ای قرار دارد و جزو عناصر دسته‌ی $\frac{d}{s}$ است، که کاتیون‌های رنگی دارند و کاتیون تیتانیم (IV) $\frac{\text{سفید}}{\text{سیاه}}$ رنگ است.

شمار الکترون‌های ظرفیتی تیتانیم با $\frac{\text{ژرمانیم}}{\text{سلنیم}}$ برابر است، تعداد زیرلایه‌های دارای ۲ الکترون در آن $\frac{۲}{۲/۵}$ برابر زیرلایه‌های دارای ۶ الکترون آن است و مجموع اعداد کوانتومی اصلی و فرعی برای الکترون‌های ظرفیتی آن $\frac{۱۶}{۱۸}$ است. حداکثر عدد اکسایش تیتانیم $\frac{+۶}{+۴}$ است و در دریای الکترونی آن الکترون‌هایی از زیرلایه‌ی $\frac{۴s}{۳d}$ دیده می‌شود.

از تیتانیم به صورت $\frac{\text{خالص}}{\text{آلیاژ}}$ در ساخت $\frac{\text{موزه‌ی گوگنهایم}}{\text{بدنه‌ی دوچرخه}}$ و $\frac{\text{پروانه‌ی کشتی}}{\text{موتور جت}}$ استفاده می‌شود. آلیاژ هوشمند (نیتینول) از ترکیب تیتانیم و یک فلز با $\frac{۶}{۸}$ پروتون بیشتر تولید می‌شود که در ساخت $\frac{\text{تانکر آب}}{\text{قاب عینک}}$ و $\frac{\text{استنت}}{\text{ارتودنسی}}$ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مقایسه با فولاد، تیتانیم نقطه ذوب $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$، چگالی $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$، واکنش‌پذیری با ذره‌های موجود در آب دریا $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$ و مقاومت در برابر $\frac{\text{خوردگی}}{\text{سایش}}$ بیشتر دارد. ($\frac{\text{استحکام}}{\text{ماندگاری}}$ مناسب)

توجه کنید که $\frac{\text{خصلت فلزی}}{\text{واکنش پذیری}}$ تیتانیم از آهن $\frac{\text{بیشتر}}{\text{کمتر}}$ است و Ti با $Fe_۲O_۳$ واکنش $\frac{\text{می‌دهد}}{\text{نمی‌دهد}}$ اما $\frac{\text{سخت‌تر}}{\text{آسان‌تر}}$ از آهن خورده می‌شود.



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فصل دهم

شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر

درباره این فصل

آخرین فصل شیمی دوازدهم به صورت کلی به ۳ مبحث می‌پردازد! کاتالیزگر و اثر آن بر واکنش، ثابت تعادل، و باز هم گروه‌های عاملی و ساخت مواد شیمیایی جدید!

پیش‌نیاز این فصل، استوکیومتری است که حتما باید آن را آموخته باشید. درک اتفاقاتی که در تعادل شیمیایی می‌افتد و عوامل برهم زننده‌ی آن مقداری دشوار است که در آموزش این فصل سعی کرده‌ام با نمودارها و تمارین هدفمند، آموزش این مبحث را به خوبی انجام دهم و تاثیر عوامل مختلف در پیشرفت واکنش و سرعت واکنش را مقایسه کنم تا در دام هیچ تستی نیفتید. این فصل با ۸ و نیم صفحه درسنامه، تنها فصل کتاب جت است که به ازای ۲ جلسه کلاس ۸۰ تست داریم، و دلیل آن تعداد تست‌های بیشتر فصل قبل است.

تعداد تست این فصل در کنکور: ۳ تست مستقیم

تعداد جلسات جت: ۲ جلسه

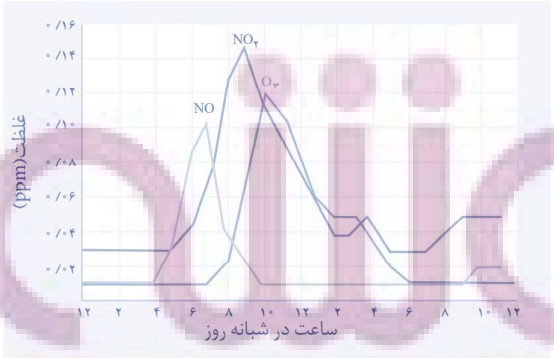
ایران جت
توشه ای برای موفقیت

مقدمه

- دانش و فناوری
  - در گذر زمان: ابتدا آمونیاک، سپس اوره، سپس ویتامین A و در انتها مواد عایق گرما تولید شد.
  - دو روی سکه
    - استفاده درست: آسایش و رفاه در زندگی
      - تصفیه آب ← مانع شدن از گسترش وبا در جهان
      - تولید پلاستیک ← دگرگون کردن صنعت پوشاک و بسته‌بندی
      - تولید مواد بی‌حس کننده و آنتی بیوتیک ← هموار کردن راه برای جراحی‌های گوناگون
      - شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب ← تامین غذای جمعیت جهان
      - تولید بنزین ← سرعت بخشیدن به حمل و نقل
      - تولید مبدل‌های کاتالیستی ← کاهش آلودگی
      - فناوری صفحه‌های نمایشگر ← استفاده در وسایل الکترونیک
    - استفاده نادرست: آثار مخرب و زیانبار
      - تولید سلاح شیمیایی

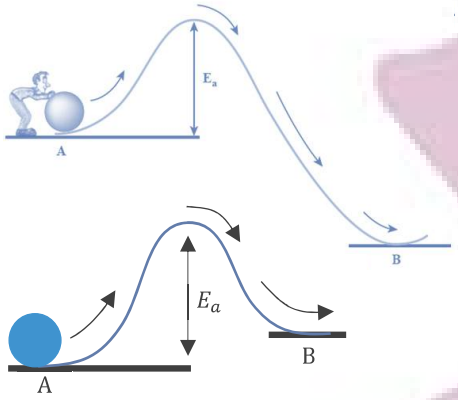
به دنبال هوای پاک

- هوای آلوده
  - تعریف: هوایی که جز اجزای هوای خشک و پاک، دارای آلاینده (CO، C_xH_y، NO، NO_2، O_3، SO_2 و ذره های معلق) نیز باشد.
  - آلاینده ها
    - CO← فراوان ترین آلاینده در اگزوز خودروها، چگالی کم و سرعت انتشار زیاد و سمی، حاصل سوختن ناقص ترکیب های کربن دار: $2C+O_2 \rightarrow 2CO$
    - C_xH_y ← دومین آلاینده فراوان در اگزوز خودروها، هیدروکربن (ترکیب آلی فرار) و غیرسمی، به علت نسوختن در موتور
    - NO ← سومین آلاینده فراوان در اگزوز خودروها، قابل تبدیل به NO_2 (قهوه ای) و O_3: $NO_2+O_2 \xrightarrow{\text{نور خورشید}} NO+O_3$
    - SO_2← به دلیل ناخالصی گوگرد در سوخت: $S+O_2 \rightarrow SO_2$
  - تشخیص
    - سخت: چون آلاینده ها اغلب بی رنگ هستند.
    - طیف سنجی
      - اساس: برهم کنش مواد با پرتوهای الکترومغناطیسی (مرئی، فروسرخ، فرابنفش و ...)←پرتوهای جذب شده ساختار ماده را نشان می دهد.
      - انواع
        - طیف سنجی فروسرخ
          - شناسایی گروه های عاملی (با توجه به تفاوت نوع و شمار اتم ها در گروه های عاملی)
          - شناسایی آلاینده ها (مانند CO، اکسیدهای نیتروژن و ...)
          - شناسایی برخی مولکول ها در فضای بین ستاره ای
        - طیف سنجی فرابنفش، نور مرئی، رادیویی و ...
        - MRI
  - تأثیر مکان و زمان
    - نوع و مقدار آلاینده ها در شهرهای مختلف، متفاوت است.
    - در هنگام روشن و گرم شدن خودرو به ویژه در روزهای سرد زمستان ← آلاینده بیشتر
    - ترتیب زمانی بیشترین حد آلاینده ها: NO ← NO_2 ← O_3 (بیشترین حد ۶ صبح تا ۱۲ ظهر)



  - مشکلات هوای آلوده
    - بوی بد (متان، CO و گازهای نجیب بی بو هستند.)
    - زشت شدن چهره ی شهر (NO_2 رنگ قهوه ای دارد.)
    - فرسودگی ساختمان ها و پوسیدگی خودروها (اکسیدهای نیتروژن و گوگرد باران اسیدی ایجاد می کنند.)
    - ایجاد و تشدید بیماری های تنفسی مانند برونشیت، آسم، سرطان ریه و مرگ (در اثر باران اسیدی، CO و اوزون)

انرژی فعال سازی در واکنش های شیمیایی



انرژی فعال سازی

تعریف
- مقدار معینی از انرژی که برای آغاز واکنش شیمیایی لازم است.
- حداقل از انرژی که واکنش برای انجام شدن نیاز دارد.

نماد = E_a و یکا = کیلوژول

رابطه با سرعت: معکوس
- E_a کمتر = سرعت بیشتر = زمان کمتر = شرایط آسان تر = دمای لازم کمتر
- E_a بیشتر = سرعت کمتر = زمان بیشتر = شرایط دشوارتر = دمای لازم بیشتر

عوامل مؤثر بر سرعت

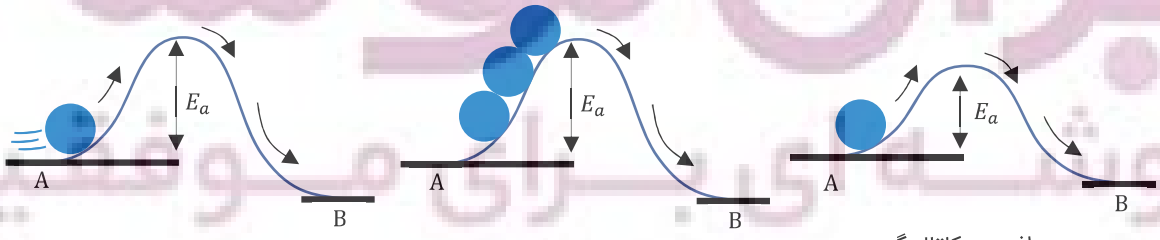
نوع واکنش دهنده
- E_a را تعیین می کند ← هر چه ماده واکنش پذیرتر، E_a کمتر و سرعت بیشتر
- مثال ها
  - E_a سوختن متان < E_a زنگ زدن آهن ← سرعت سوختن متان > سرعت زنگ زدن آهن
  - E_a سوختن K < E_a سوختن Na ← سرعت سوختن K > سرعت سوختن Na
  - E_a سوختن فسفر سفید در هوا < Ea سوختن هیدروژن در هوا ← سرعت سوختن فسفر سفید > سرعت سوختن هیدروژن

دما
- E_a را تأمین می کند (یکی از راه های تأمین E_a گرما است) ← چه گرماگیر چه گرماده: افزایش دما ← افزایش سرعت
- مثال ها
  - رعد و برق یا دمای بالای موتور خودرو (بیشتر از ۱۰۰۰°C)، E_a بالای واکنش N_2 , O_2 را فراهم می کند.
  - کشیدن کبریت روی سطح زیرقوطی ← گرما ← تأمین E_a سوختن کبریت
  - جرقه یا شعله ← گرما ← تأمین E_a سوختن متان

کاتالیزگر
- E_a را کاهش می دهد ⇐ با کوتاه کردن مسیر واکنش سرعت را افزایش می دهد.
- سه ویژگی
  - اغلب اختصاصی و انتخابی عمل می کنند.
  - واکنش های ناخواسته دیگری ایجاد نمی کنند.
  - پایداری شیمیایی و گرمایی مناسب دارند.
- مثال ها
  - خاک باغچه دارای کاتالیزگر سوزاندن قند است.
  - توری پلاتینی و پودر روی کاتالیزگر سوزاندن هیدروژن است.

غلظت (فشار)

سطح تماس



افزایش دما — افزایش غلظت (فشار) — افزودن کاتالیزگر

نکات:

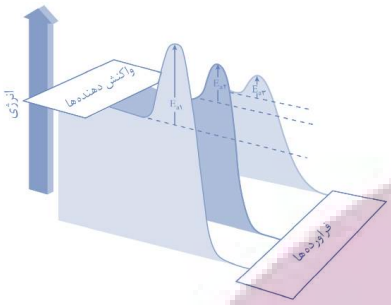
۱- در موتور خودروها اندکی از نیتروژن با اکسیژن واکنش می‌دهد.

۲- می‌توان گفت $\Delta H = E_{a_{\text{برگشت}}} - E_{a_{\text{رفت}}}$

۳- کاتالیزگر در واکنش شرکت می‌کند اما مصرف نمی‌شود و در پایان واکنش باقی می‌ماند ← می‌توان آنها را بارها و بارها به کار برد.

۴- کاتالیزگر دما و فشار لازم برای انجام واکنش را کاهش می‌دهد ← صرفه اقتصادی را بالا می‌برد.
آلودگی زیست محیطی را کاهش می‌دهد.

۵- هرچه سطح انرژی یک ماده پایین‌تر باشد، آن ماده پایدارتر است و مجموع آنتالپی پیوندهای آن بیشتر است.



شرایط آزمایش	دما (°C)	سرعت واکنش	آنتالپی واکنش (kJ)
بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	−۵۷۲
ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	انفجاری	−۵۷۲
در حضور پودر روی	۲۵	سریع	−۵۷۲
در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری	−۵۷۲

۶- سرعت واکنش H_2 و O_2: جرقه≅توری پلاتینی>پودر روی>بدون کاتالیزگر

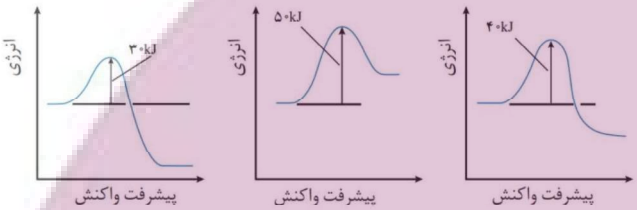
۷- واکنش H_2 و O_2 بدون کاتالیزگر E_a زیادی دارد و ΔH در هر سه حالت شکل بالا یکسان است.

مقایسه ΔH : $\Delta H_3 < \Delta H_1 < 0 < \Delta H_2$

مقایسه انرژی فرآورده : $3 < 1 < 2$

مقایسه سرعت : $R_2 < R_1 < R_3$

مقایسه دمای لازم : $T_3 < T_1 < T_2$



شکل ۱ شکل ۲ شکل ۳

سوپر جمع‌بندی:

لیست واکنش‌های دارای کاتالیزگر در کتاب درسی:

(۵۶ دهم) کاتالیزگر: پلاتین — $2H_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{Pt(s)} 2H_2O(l)$

(۸۷ دهم) کاتالیزگر: ورقه آهنی — $3H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow{Fe} 2NH_3(g)$

(۱۲۱ یازدهم) کاتالیزگر: آهن (III) کلرید — $C_2H_4(g) + Cl_2(g) \xrightarrow{FeCl_3(s)} CH_2ClCH_2Cl(g)$ ۱ و ۲ – دی کلرو اتان

(۴۰ یازدهم) کاتالیزگر: سولفوریک اسید — $C_2H_4(g) + H_2O(l) \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CH_2OH(l)$

(۴۸ یازدهم) کاتالیزگر: نیکل — $C_6H_{12}(l) + H_2(g) \xrightarrow{Ni(s)} C_6H_{14}(l)$

(۸۱ یازدهم) کاتالیزگر: پتاسیم یدید — $2H_2O_2(l) \xrightarrow{KI} 2H_2O(l) + O_2(g)$

(۱۱۲ یازدهم) کاتالیزگر: سولفوریک اسید — $RCOOH + \acute{R}OH \xrightarrow{H_2SO_4} RCOO\acute{R} + H_2O$

(۱۱۶ یازدهم) کاتالیزگر: سولفوریک اسید — $RCOO\acute{R} + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} RCOOH + \acute{R}OH$

(۱۱۸ یازدهم) — $CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} CO(g) + 3H_2(g)$

(۱۱۹ دوازدهم) — $CH_4(g) \xrightarrow{O_2/\text{کاتالیزگر}} CH_3OH(l)$

مبدل کاتالیستی

خودروهای بنزینی

ساختار: قطعه سرامیکی به شکل توری یا مش؛ سه کاتالیزگر رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) با اندازه ۲ تا ۱۰ نانومتر

هدف: حذف یا کاهش آلاینده‌ها

آلاینده‌ها:
- CO: $2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$ گرمازده (سوختن) اکسایش کربن و کاهش اکسیژن
- C_xH_y: $C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) \longrightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$ گرمازده (سوختن) اکسایش کربن و کاهش اکسیژن
- NO: $2NO \longrightarrow N_2 + O_2$ گرمازده (تجزیه) اکسایش اکسیژن و کاهش نیتروژن

شیوه‌ی تأثیر: کاهش انرژی فعالسازی (E_a) این واکنش‌ها زیاد است.)

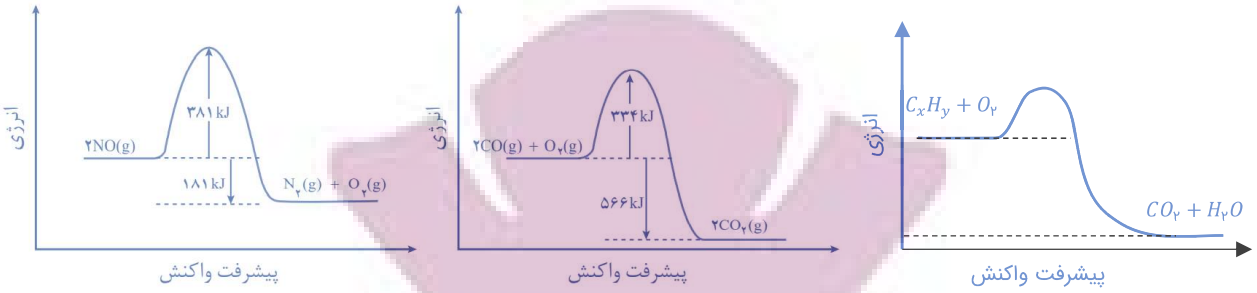
عوامل مؤثر بر کارایی: نوع کاتالیزگرها و مدت زمان استفاده شدن از آن ⇐ کاهش کارایی پس از مدت معینی

خودروهای دیزلی

دلیل استفاده: مقدار NO و NO_2 خروجی از خودروهای دیزلی بیشتر از خودروهای بنزینی است ⇐ نیاز به مبدل‌هایی نو است

آلاینده‌ها:
- CO: $2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$
- C_xH_y: $C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) \longrightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$
- NO, NO_2: $NO(g) + NO_2(g) + 2NH_3(g) \xrightarrow{\text{افزودن آمونیاک}} 2N_2(g) + 3H_2O(g)$

نیتروژن هم اکسایش و هم کاهش می‌یابد.
واکنش اسید و باز است.



	باران اسیدی	مسمومیت با CO	سوزش چشم با O_3	سطح آب دریاها	طول عمر مرجان‌ها
تاثیر مبدل کاتالیستی	↓	↓	↓	↑	↓

نوع مبدل / فراورده‌های مبدل‌ها	N_2	CO_2	H_2O	O_2
کاتالیستی بنزینی	✓	✓	✓	✓
کاتالیستی دیزلی	✓	✓	✓	×

آمونیاک و بهره‌وری در کشاورزی

- رشد گیاهان
  - مواد مورد نیاز: افزون بر CO_2 و H_2O عناصر S، N، P، K و ...
  - جذب نیتروژن
    - گیاهان با جوی سرشار از نیتروژن احاطه شده اند، اما توان جذب مستقیم نیتروژن از هوا را ندارند.
    - نیتروژن باید به صورت تثبیت شده به خاک اضافه شود.
      - جانداران ذره بینی که نیتروژن را تثبیت می کنند.
      - افزودن آمونیاک، اوره و آمونیوم سولفات به خاک
  - تولید آمونیاک
    - Ea زیاد ⇐ حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه به خوبی پیش نمی‌رود
    - هابر
      - یافتن شرایط بهینه برای انجام این واکنش: ۲۰۰atm، ۴۵۰°C و کاتالیزگر ورقه آهنی
      - خارج کردن NH_3 از محیط تعادلی: با کاهش دما به کمتر از ۳۴°C- و خارج کردن NH_3 به صورت مایع

- واکنش تعادلی
  - واکنش برگشت پذیر یا دو طرفه (⇌) است
    - هم زمان واکنش‌های رفت و برگشت به طور پیوسته انجام می‌شوند.
    - همه‌ی واکنش‌دهنده‌ها به فراورده تبدیل نمی‌شوند.
  - بعد از رسیدن به تعادل (سامانه تعادلی)
    - غلظت
      - غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند.
    - سرعت
      - سرعت واکنش در جهت رفت و برگشت برابر می‌شود ← هر مقدار از فراورده یا واکنش‌دهنده تولید شود، همان مقدار مصرف می‌شود.
      - سرعت کلی واکنش به صفر می‌رسد.
  - ثابت یونش
    - رابطه: $aA(g) + bB(s) \rightleftharpoons cC(l) + dD(g) + eE(g) \Rightarrow K = \frac{[D]^d[E]^e}{[A]^e}$
      - در فرمول غلظت‌های تعادلی قرار داده می‌شود.
      - مواد جامد و مایع در فرمول قرار نمی‌گیرند.
    - یکا = $(\frac{mol}{L})^{d+e-a}$
    - بیانی از میزان پیشرفت ⇐ هرچه K بیشتر باشد، یعنی میزان فراورده‌ها در مخلوط تعادلی بیشتر است.
  - فقط با تغییر دما تغییر می‌کند
    - واکنش گرماگیر ⇐ دما دوست
      - افزایش دما ⇐ افزایش K
      - کاهش دما ⇐ کاهش K
    - واکنش گرماده ⇐ دما گیرز
      - افزایش دما ⇐ کاهش K
      - کاهش دما ⇐ افزایش K

تـوشـه ای بـرای مـوفـقـیـت

نکته: واکنش گرماگیر= ΔH > سطح انرژی فرآورده > واکنش دهنده = مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها > فرآورده‌ها

تمرین ۱: ۴ مول $CO(g)$ و ۴ مول $H_2O(g)$ را در یک ظرف در بسته ی ۲ لیتری قرار می‌دهیم تا واکنش $CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$ برقراری تعادل انجام شود:

الف) اگر بازده ۷۵ درصد باشد، ثابت تعادل کدام است و چه یکایی دارد؟

ب) اگر در مخلوط تعادلی ۲ مول CO_2 وجود داشته باشد، ثابت تعادل کدام است؟

پ) اگر ثابت تعادل $\frac{9}{25}$ باشد، در ظرف چند مول فرآورده داریم؟

تمرین ۲: اگر در واکنش تعادلی $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ با ثابت تعادل $2mol^{-2}.L^2$، ۸ مول گاز هیدروژن و ۳ مول گاز نیتروژن را در ظرف یک لیتری واکنش وارد کنیم:

الف) چند مول آمونیاک در مخلوط تعادلی داریم؟

ب) چند درصد هیدروژن مصرف می‌شود؟

تمرین ۳: در شرایط STP در یک ظرف ۷ لیتری، واکنش $N_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2NO(g)$ در تعادل است و در ظرف ۲۴ گرم NO ، ۰/۳۲ مول O_2 و N_2 ۱۱/۲L داریم. اگر در یک ظرف با حجم نامعلوم ۳ مول N_2، ۵/۵ مول O_2 و ۴ مول NO وارد کنیم:

الف) ثابت تعادل را محاسبه کنید.

ب) در ظرف دوم مقداری نهایی NO چند برابر O_2 و چند برابر N_2 می‌شود؟

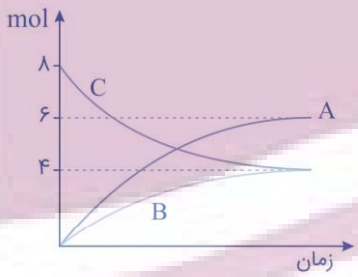
تمرین ۴: در یک فرایند مقدار ۱۰ مول $N_2O_4(g)$ در یک ظرف ۵ لیتری وارد شده است. پس از گرم شدن و برقراری تعادل $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ و $K = 4mol.L^{-1}$، نسبت غلظت مولار NO_2 به غلظت مولار N_2O_4 و مجموع مول‌های گازی درون ظرف کدام است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید)

۱) ۴، ۱۰ ۲) ۴، ۱۵ ۳) ۲، ۱۰ ۴) ۲، ۱۵

تمرین ۵: در یک ظرف ۲ لیتری واکنش $A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$ با ۲ مول A شروع می‌شود. اگر در لحظهٔ برقراری تعادل، ۳ مول گاز در ظرف واکنش وجود داشته باشد، ثابت تعادل این واکنش چند مول بر لیتر است؟

۱) ۰/۴ ۲) ۰/۴۵ ۳) ۰/۷۴ ۴) $\frac{1}{12}$

تمرین ۶: اگر نمودار زیر مربوط به یک واکنش تعادلی گازی انجام گرفته در ظرفی ۲ لیتری باشد، ثابت تعادل آن کدام است؟



۱) ۲۱۶

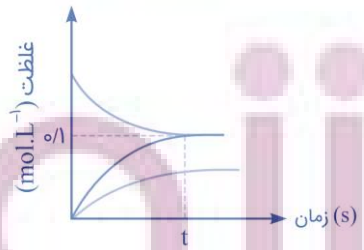
۲) ۲۷

۳) ۱۰۸

۴) ۶

تمرین ۷: با توجه به نمودار زیر، میزان ثابت تعادل واکنش و غلظت اولیهٔ ماده A به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + 2C(g)$



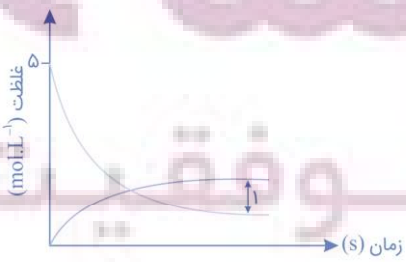
۱) $0/2$، $0/5 \times 10^{-2}$

۲) $0/1$، $0/5 \times 10^{-2}$

۳) $0/2$، $0/5 \times 10^{-3}$

۴) $0/1$، $0/5 \times 10^{-3}$

تمرین ۸: با توجه به نمودار زیر که مربوط به واکنش گازی: $2SO_3 \rightleftharpoons 2SO_2 + O_2$ است، ثابت تعادل این واکنش کدام است؟



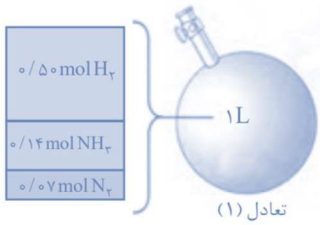
۱) ۸

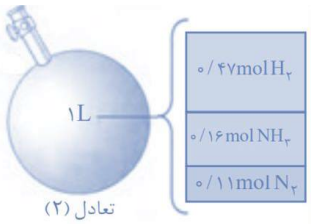
۲) ۱۶

۳) ۳۲

۴) ۴۸

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت





- اصل لوشاتلیه
  - تغییر
    - به هم خوردن سامانه تعادلی ← جابه جایی واکنش ← تعادل جدید با همان K قبلی
    - اثر تغییر کامل جبران نمی شود و تا حد امکان جبران می شود
  - تغییر غلظت
    - افزایش غلظت ⇐ جا به جایی در جهت مصرف آن ماده
      - افزایش واکنش دهنده ⇐ جا به جایی در جهت رفت
      - افزایش فرآورده ⇐ جا به جایی در جهت برگشت
    - کاهش غلظت ⇐ جا به جایی در جهت تولید آن ماده
      - کاهش واکنش دهنده ⇐ جا به جایی در جهت برگشت
      - کاهش فرآورده ⇐ جا به جایی در جهت رفت

تمرین ۹: اگر از سامانه تعادلی هابر، مقداری NH_3 خارج کنیم:

الف) تا برقراری تعادل جدید مقدار NH_3، N_2 و H_2 چگونه تغییر می‌کند؟

ب) مقدار NH_3، N_2 ، H_2 و K را در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه مقایسه کنید.

تمرین ۱۰: اگر به سامانه تعادلی هابر، مقداری N_2 اضافه کنیم و یک تعادل جدید برقرار شود.

الف) تا برقراری تعادل جدید مقدار NH_3، N_2 و H_2 چگونه تغییر می‌کند؟

ب) مقدار NH_3، N_2 ، H_2 و K را در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه مقایسه کنید.

پ) دو برابر کردن N_2 تأثیر بیشتری بر جابه‌جایی تعادل به سمت راست دارد یا دو برابر کردن H_2 ؟

تمرین ۱۱: ظرفی به حجم ۵ لیتر حاوی ۱ مول از هر یک از گازهای CO، CO_2، H_2 و H_2O است که مطابق معادله $CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$ واکنش داده‌اند. اگر ۱۱۲g کربن مونوکسید به ظرف تعادل اضافه کنیم، در تعادل جدید چند درصد حجمی مواد مربوط به فرآورده‌ها است؟

تغییر حجم سامانه در تعادل‌های گازی

- تغییر حجم
  - کاهش حجم ← افزایش فشار ← جا به جایی تعادل به سمت مول های گازی کمتر
    - ایجاد تعادل جدید با ثابت ماندن K
    - کاهش فشار ایجادشده توسط گاز
  - افزایش حجم ← کاهش فشار ← جا به جایی تعادله به سمت مول های گازی بیشتر
    - ایجاد تعادل جدید با ثابت ماندن K
    - افزایش فشار ایجادشده توسط گاز

نکات:

۱- اگر شمار مول‌های گازی دو طرف واکنش برابر باشند (مثلاً $Cl_2(g)+H_2(g)\rightleftharpoons 2HCl(g)$) تغییر حجم تعادل را به هم نمی‌زند.

۲- با کاهش حجم غلظت‌های مواد افزایش می‌یابد، واکنش با حرکت به سمت مول‌های گازی کمتر سعی می‌کند که با این تغییر مقابله کند، اما در نهایت غلظت همه‌ی مواد نسبت به غلظت‌های اولیه بیشتر خواهد بود.

تمرین ۱۲: اگر حجم ظرف حاوی سامانه تعادلی هابر را نصف کنیم تا یک تعادل جدید ایجاد شود:

الف) K چه تغییری می‌کند؟

ب) واکنش در کدام جهت پیش می‌رود؟

پ) غلظت NH_3، N_2 ، H_2 در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه چند برابر می‌شوند؟

ت) سرعت در تعادل نهایی نسبت به تعادل اولیه چگونه است؟

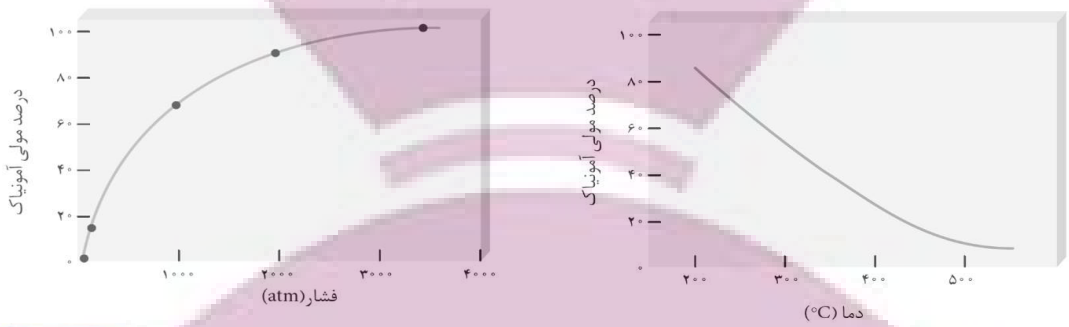
ث) چرا هابر فرآیند تولید NH_3 را در فشار $200atm$ انجام داد؟

دما، عاملی برای جابه‌جایی تعادل و تغییر K

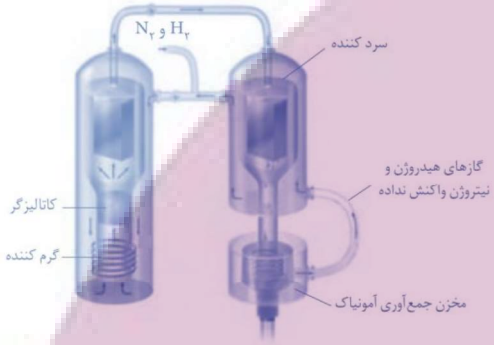
- تغییر دما
  - تغییر دما ← به هم خوردن سامانه تعادلی ← جا به جایی واکنش ← ایجاد تعادل جدید با K جدید
  - انواع واکنش
    - واکنش گرماگیر ⇐ دمادوست
      - افزایش دما ⇐ افزایش K ⇐ پیشرفت واکنش در جهت رفت (مصرف گرما)
      - کاهش دما ⇐ کاهش K ⇐ پیشرفت واکنش در جهت برگشت (تولید گرما)
    - واکنش گرمازه ⇐ دماگریز
      - افزایش دما ⇐ کاهش K ⇐ پیشرفت واکنش در جهت برگشت (مصرف گرما)
      - کاهش دما ⇐ افزایش K ⇐ پیشرفت واکنش در جهت رفت (تولید گرما)

تغییر / تأثیر	تغییر غلظت	تغییر فشار (حجم)	تغییر دما
تعادل جدید	ایجاد می‌کند	ایجاد می‌کند	ایجاد می‌کند
ثابت تعادل جدید	ایجاد نمی‌کند	ایجاد نمی‌کند	ایجاد می‌کند

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$



نکته: نمودار درصد مولی آمونیاک در مخلوط تعادلی (در شرایط هابر ۲۸ درصد) و برحسب فشار افزایشی و غیرخطی برحسب دما کاهشی و غیرخطی است.



شرایط هابر / تأثیر بر واکنش	افزایش دما	افزایش فشار	کاتالیزگر
سرعت واکنش	افزایش	افزایش	افزایش
مقدار فرآورده	کاهش	افزایش	ثابت

انرژی فناوری‌های شیمیایی

- منابع شیمیایی
  - مثال: نفت خام، زغال سنگ، گاز طبیعی و معادن مس، آهن، طلا، مرمر و فیروزه ← عدم پراکندگی یکسان در جهان
  - خام فروشی: فروش منابع به همان صورت به دست آمده از طبیعت و بدون فراوری
    - ساده ترین راه و با قیمت پایین
    - مثال: فروش نفت خام، سنگ معدن، پنبه، نمک و هوا
  - فرآوری: استفاده از فناوری های شیمیایی برای تبدیل مواد خام و اولیه به فرآورده های دیگر
    - قیمت گران تر و رشد و بهره وری اقتصاد کشور
    - مثال: سنگ معدن مس←مس یا نفت خام←اتانول، متانول، اتیلن گلیکول، پلی اتن و بنزین

گروه عاملی، کلید سنتز مولکول‌های آلی

- تعریف: یک فرآیند شیمیایی هدفمند برای تولید مواد شیمیایی از مواد ساده تر
- مثال: سنتز مواد نو از جمله رنگ دانه ها، خوشبوکننده ها، داروهای ضدسرطان، الیاف، سوخت های دوست دار محیط زیست و مواد هوشمند
- سنتز
  - مواد آلی
    - اغلب ترکیب مولی
    - اغلب شامل گروه های عاملی ← تعیین کننده خواص و رفتار ترکیب های آلی
  - اتن
    - واکنش با H_2، کاتالیزگر $Ni(s)$ ← اتان (C_2H_2) ← سوخت
    - واکنش با HCl، ← کلرواتان (C_2H_5Cl) ← افشانه بی حس کننده موضعی
    - واکنش با H_2O، کاتالیزگر $H_2SO_4(aq)$ ← اتانول (C_2H_5OH)
      - ضدعفونی کننده و حلال در تهیه مواد دارویی و آرایش و بهداشتی
      - واکنش با اتانوئیک اسید ← اتیل استات $(C_4H_8O_2)$ ← حلال چسب
    - واکنش با محلول $KMnO_4$ ← اتیلن گلیکول (CH_2OHCH_2OH) ← ضدیخ و تولید PET
    - واکنش با اتن، کاتالیزگر Ti و Al ← پلی اتن $(C_2H_4)_n$ ← برخی لوازم پلاستیکی
  - آلکن ← الکل
    - کتون / آلدهید
    - استر ←(+الکل) کربوکسیلیک اسید
    - آمین ←(+الکل) آمید

ساخت بطری آب

پلی اتیلن ترفتالات یا PET

نوع مولکول: از مولکول های بزرگ و پلیمراز نوع پلی استر ⇐حاصل واکنش الکل دو عاملی و اسید دو عاملی

کاربرد: تولید بطری های پلاستیکی (به همراه برخی افزودنی ها) برای نگهداری و بسته بندی آب آشامیدنی

ماندگاری: همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می شود ⇐ پسماند آن تهدیدی جدید برای زندگی روی کره زمین ⇐ضرورت بازیافت

مونومرها

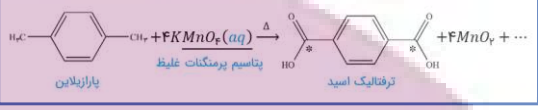
الکل دو عاملی:

$$H_2C=CH_2 + \underbrace{KMnO_4(aq)}_{\text{پتاسیم پرمنگنات رقیق}} \xrightarrow{\Delta} \underbrace{HOCH_2-CH_2OH}_{\text{اتیلن گلیکول}}$$

(اتن)

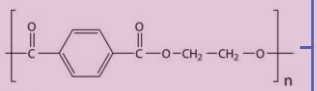
- اتن در نفت خام وجود دارد ولی اتیلن گلیکول وجود ندارد
- عدد اکسایش کربن از ۲- به ۱- می رسد (اکسایش)
- محلول رقیق $KMnO_4$ اکسنده است (یون پرمنگنات)

اسید دو عاملی:

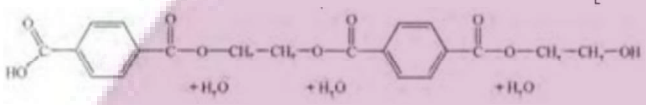


- پارازیلن در نفت خام وجود دارد ولی ترفتالیک اسید وجود ندارد.
- عدد اکسایش کربن از ۳- به ۳+ می رسد. (اکسایش)
- عدد اکسایش Mn از ۷+ به ۴+ می رسد (کاهش)
- محلول غلیظ $KMnO_4$ اکسنده است. (یون پرمنگنات)
- دشوار است، E_a زیاد دارد و بازده مطلوب نیست.
- استفاده از O_2 هوا و کاتالیزگر مناسب ⇐ افزایش بازدهی

ساختار پلیمر



- هر اتیلن گلیکول ۲ عدد H از دست می دهد
- هر ترفتالیک اسید ۲ عدد OH از دست می دهد



بازیافت PET

پلاستیک

ویژگی ها: چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی ⇐کاربرد وسیع زندگی

تولید: سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن و روند رو به افزایش

دلیل: استفاده بی رویه از این مواد (مانند PET) به همراه زیست تخریب ناپذیری آن ها

بازیافت

روش ها

فیزیکی

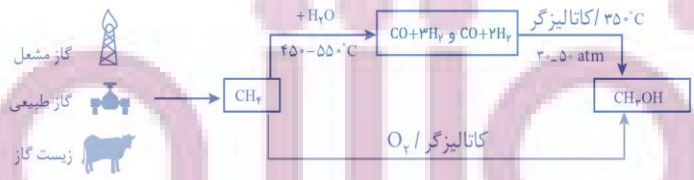
- شست و شو و تمیز کردن ← ذوب کردن← استفاده دوباره برای تولید وسایل و ابزار
- شست و شو و تمیز کردن ← خرد کردن و تبدیل به پرک← استفاده در تولید مواد پلاستیکی دیگر

شیمیایی

- تبدیل به مونومرهای سازنده یا مونومرهای اولیه مفید و ارزشمند
- دشوارتر از روش فیزیکی ⇐ وابسته به سطح فناوری
- PET + متانول ← مواد مفید قابل استفاده در تولید پلیمرها

متانول

- مایعی بی رنگ، بسیار سمی و ساده ترین الکل
- قابل تولید از چوب



نکات:

۱ـ در واکنش متان با آب کربن اکسایش و اکسیژن کاهش می‌یابد و در واکنش CO با H_2 کربن کاهش و هیدروژن اکسایش می‌یابد.

۲ـ یک واکنش هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فرآورده‌های سودمند تبدیل شوند.

۳ـ مقدار تولید پلاستیک روند افزایشی دارد و شیب آن $\frac{\text{ثابت}}{\text{افزایشی}}$ است.