فوق هوشمند

درس : شیمی

پایه : دوازدهم

مبحث : فصول ۳ و ۴

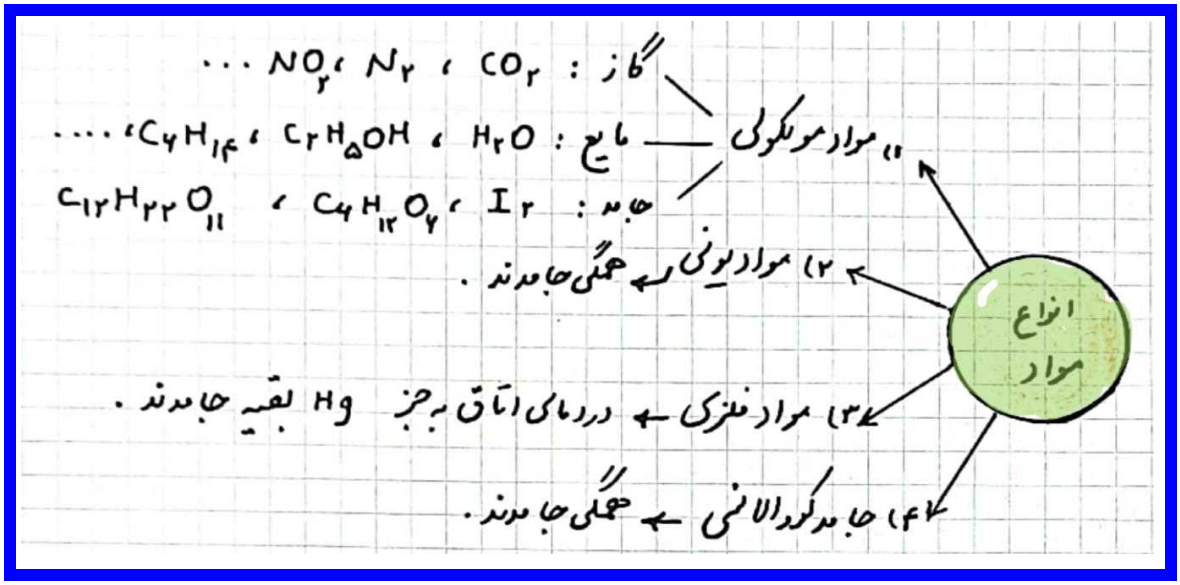
پدیدآور: مهندس حسن لشکری

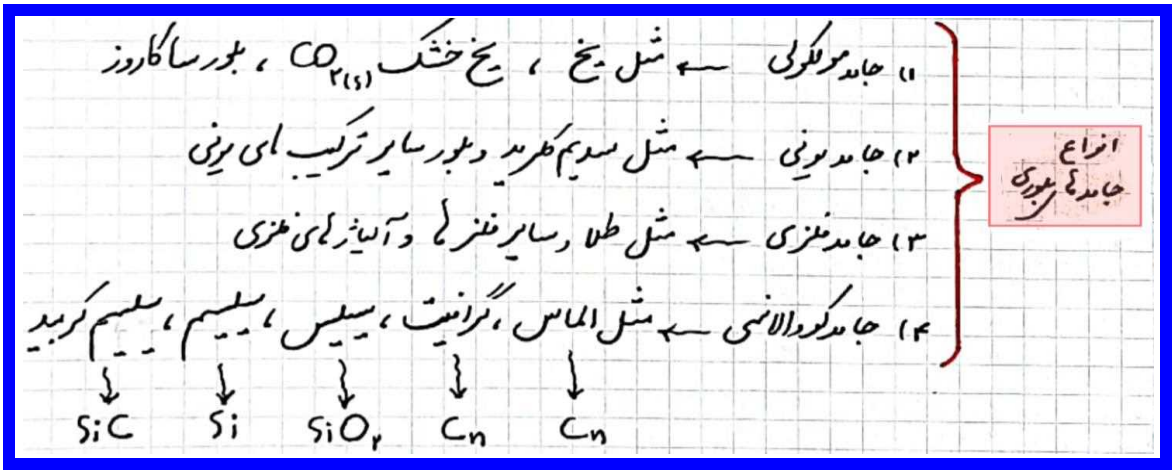
دبیرستان غیر دولتی موحد

آدرس: تهران – فلکه دوم صادقیه – بلوار فردوس – بین خیابان حسن آباد و ابراهیمی – پلاک ۳۹۳

تلفن: ۴۴۰۸۰۷۶۸ – ۴۴۰۷۶۰۸۹ – ۴۴۰۵۹۵۹۹

فصل ۳ شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری





آفریدگار هستی به ما فرصتی به نام زندگی بخشیده است تا برای پر رنگ کردن نقش و تأثیر خود در این جهان پهناور پیوسته تلاش کنیم. تلاشی آگاهانه و هدفمند برای آفریدن آثاری جاودانه، آن چنان که آینه‌ای باشد از شکرانه امروز و سرمایه‌ای ارزشمند برای آیندگان. پویندگان چنین راهی در این پهنه، پیوسته به کشف اسرار می‌پردازند از جمله آنکه چگونه شمار بسیاری ماده با رفتارهای گوناگون، تنها از شمار معینی اتم با آرایش و چیدمانی نظام‌مند پدید آمده‌اند. شیمی دانشی است که به ما کمک می کند تا هوشمندانه از مواد در خلق آثاری هنرمندانه، زیبا و ماندگار بهره ببریم.

انسان از دیر باز مواد ضروری برای زندگی خود را از خوان نعمت‌های الهی گسترده شده در جای‌جای زمین تأمین کرده و برای رفع نیاز آنها را تغییر داده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در تغییر این مواد، افزون بر محیط و شیوهٔ زندگی، آیین‌ها، آداب و رسوم و حتی ادبیات و افسانه‌ها نیز نقش داشته‌اند. با این توصیف، هر یک از آثار به‌جای مانده ازگذشتگان در جهان را می‌توان نمادی از هنر زمان خویش دانست که افزون بر زیبایی، بازتابی از ماندگاری آن اثر نیز به‌شمار می‌رود (شکل ۱).

آ) تنگ آبخوری دورهٔ ساسانی

ب) سفالینه‌ای از ایران باستان

پ) مجسمهٔ موآی در جزیرهٔ ایستر

ت) مجسمه‌ای در شهر یئری مشگین شهر

شکل ۱ـ نمونه‌های فلزی، سفالی و سنگی به جای مانده از گذشتگان

بدیهی است که مواد اولیه برای ساخت چنین آثاری افزون بر فراوانی و در دسترس بودن، باید واکنش‌پذیری کم، استحکام زیاد و پایداری مناسبی داشته باشند. توجه کنید که عمر طولانی این آثار، تأییدی بر این ویژگی‌ها است و هر چه عمر یادگار به‌جا مانده بیشتر باشد، گفتنی‌های بیشتری با خود دارد، گفتنی‌هایی که اسرار هنر، زیبایی و ماندگاری را فاش می‌کند. با رشد و پیشرفت علوم به ویژه شیمی، پرده از این اسرار برداشته شد تا پایه‌ای برای ساخت سازه‌ها و بناهای امروزی و در خور ستایش فراهم گردد.

شیمی‌دان‌ها در گام نخست نوع، مقدار، ساختار و رفتار مواد سازندهٔ آثار به‌جا مانده را بررسی کردند، سپس با بهره‌گیری از دانش شیمی توانستند به مواد جدیدتری دست یابند. موادی با خواص ویژه که کاربردهای معین داشتند. برخی بر این باورند که چنین موادی را می‌توان مبنای کار و کلید موفقیت طراحان، هنرمندان و مهندسان برای خلق سازه‌های زیبا و ماندگار امروزی دانست.

خود را بیازمایید

خاک رس مخلوطی از مواد گوناگون است. جدول زیر **درصد جرمی**[۱] مواد سازندهٔ نوعی **خاک رس**[۲] را نشان می‌دهد که از یک معدن طلا استخراج شده است.

ماده	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	۰/۹۶	۰/۴۴	۰/۱

● درصد جرمی هر ماده در نمونه، گرم آن ماده را در صد گرم از نمونه نشان می‌دهد.

۱ـ با توجه به داده‌های جدول به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

آ) نام شیمیایی هر یک از مواد موجود در این نوع خاک را بنویسید.

ب) سرخ فام بودن این نوع خاک رس را به وجود کدام ماده نسبت می‌دهید؟

پ) پیش‌بینی کنید هنگام پختن سفالینه‌های تهیه شده از این نوع خاک رس، از جرم کدام ماده به مقدار بیشتری کاسته می‌شود؟ چرا؟

توجه: مقدار مواد دیگر تغییر نمی‌کند ولی درصد جرمی آن‌ها در سفال تولیدی بالاتر می‌رود.

۲ـ اگر اجزای این مخلوط نخست جداسازی شده سپس خالص‌سازی شوند، پیش‌بینی کنید ساختار ذره‌ای هریک از این اجزا در حالت خالص و جامد (به جز SiO_2) با کدام الگوی زیر همخوانی دارد؟ چرا؟

(آ) ماده یونی (ب) ماده مولکولی (پ) ماده فلزی

با مواد سازندهٔ نوعی خاک رس آشنا شدید که مخلوطی از اکسیدها را دربرمی‌گیرد. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که SiO_2 افزون برخاک‌های رس، یکی از سازنده‌های اصلی بسیاری از سنگ‌ها، صخره‌ها و نیز شن و ماسه است. وجود این ماده باعث استحکام و ماندگاری سازه‌های سنگی و نقشکندهای روی آنها شده است. آیا می‌دانید چه ساختاری باعث این رفتار ویژه می‌شود؟

پوسته زمین : O > Si > Al
هسته زمین : Fe > ... > ...

جامد کووالانسی

سیلیس، زیبا، سخت و ماندگار

سیلیسیم پس از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوستهٔ جامد زمین است به طوری که ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از ٪۹۰ پوستهٔ جامد زمین را تشکیل می‌دهند، از این‌رو **سیلیس**[1] (SiO_2)، فراوان‌ترین اکسید در این لایه از سیارهٔ ما به شمار می‌رود. **کوارتز**[2] از جمله نمونه‌های خالص و ماسه از جمله نمونه‌های ناخالص سیلیس است.

از شیمی ۲ به یاد دارید که $_{14}Si$، شبه فلزی از خانوادهٔ کربن است، از این رو شاید تصور کنید که ساختار سیلیسیم مانند کربن است و سیلیس ساختاری همانند کربن دی اکسید دارد! (شکل ۲). سیلیس خالص به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسی‌ها به کار می‌رود.

SiO_2
خالص ← ناخالص
کوارتز ← ماسه

SiO_2 ← سیلیس خالص به دلیل داشتن خواص نوری ویژه در ساخت منشورها و عدسی‌ها به کار می‌رود.

SiO_2 خالص شفاف است و نور را از آن عبور می‌کند

شکل ۲ـ نمونه‌ای از سیلیسیم، سیلیس و یخ خشک

برای آشکار شدن این موضوع باید ساختار هر یک از آنها را بررسی و با یکدیگر مقایسه کرد.

با هم بیندیشیم

۱ـ با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

$SiO_2(s)$ $CO_2(s)$ $CO_2(g)$

SiO_2 = ماده کووالانسی ـ شبکه‌ای از پیوندهای کووالانسی
CO_2 = ماده مولکولی با مولکول‌های جدا که بین مولکول‌های آن نیروهای ضعیف واندروالس وجود دارد.

آ) از شیمی ۱ به یاد دارید که مواد مولکولی در ساختار خود مولکول‌های مجزا دارند. کدام ماده جزو مواد مولکولی است؟

ب) ماده کووالانسی مجموعه‌ای از اتم‌های بسیاری است که با هم پیوندهای اشتراکی دارند. بر این اساس کدام ماده، کووالانسی است؟

• پختن نان سنگک بر روی دانه‌های درشت سنگ را می‌توان نشانه‌ای از مقاومت گرمایی سیلیس دانست.

۲ـ پیش‌بینی کنید کدام ماده:

آ) سخت‌تر است؟ چرا؟

ب) نقطه ذوب پایین‌تری دارد؟ چرا؟

وقتی می‌خواهیم نقطه ذوب و جوش متا یسه کنیم یکی از آیتم‌های مهم نوع ساختار است. در SiO_2 با پیوندهای بین اتمی سروکار داریم ولی در CO_2 که جامد مولکولی است با نیروی بین مولکولی سروکار داریم. پیوندهای بین اتمی در SiO_2 خیلی قوی‌تر از نیروهای بین مولکولی است

دریافتید که موادی مانند کربن‌دی‌اکسید (CO_2) و آب (H_2O)، مواد مولکولی به شمار می‌روند زیرا ذره‌های سازندهٔ آنها مولکول‌های مجزا هستند، اما موادی مانند سیلیس، شامل شمار بسیار زیادی از اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن با پیوندهای اشتراکی Si–O–Si بوده و دارای ساختاری به هم پیوسته و غول‌آساست. ساختاری که دلیلی بر سختی بالا و دیرگداز بودن چنین موادی است. از آنجا که این مواد در دما و فشار اتاق به حالت جامد هستند، آنها را با نام جامد کووالانسی نیز می‌خوانند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که عنصرهای اصلی سازندهٔ جامدهای کووالانسی در طبیعت، کربن (نافلز) و سیلیسیم (شبه فلز) هستند، دو عنصری که از آنها تاکنون یون تک اتمی در هیچ ترکیبی شناخته نشده است، زیرا اتم‌های $_6C$ و $_{14}Si$ با تشکیل پیوندهای اشتراکی به آرایش الکترونی هشت‌تایی می‌رسند.

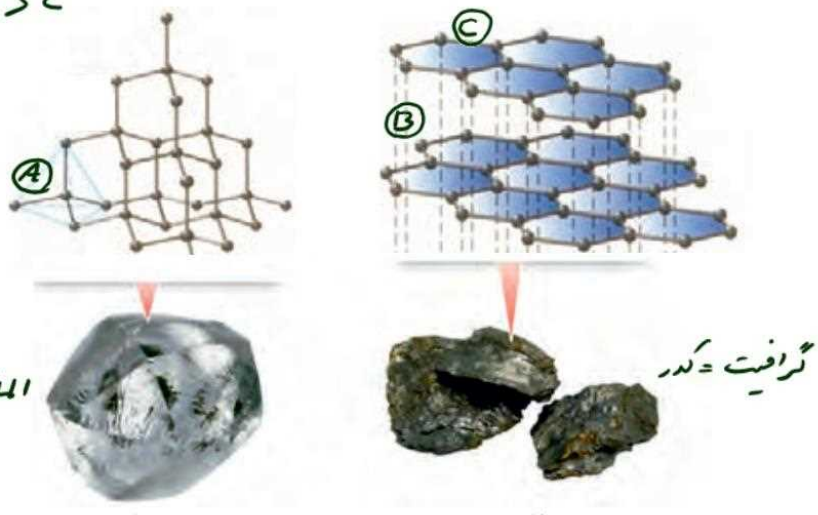
Si^{4-} و Si^{4+} و C^{4-} و C^{4+} در طبیعت نداریم !!!

* در الماس هر اتم C با ۴ پیوند به ۴ اتم کربن متصل است و در گرافیت هر اتم C با ۳ پیوند به ۳ اتم کربن متصل است.
* گرافیت از الماس پایدارتر است
* سختی الماس > گرافیت
* چگالی الماس از گرافیت بیشتر است

خود را بیازمایید

۱ـ گرافیت و الماس از جمله دگرشکل‌های طبیعی کربن بوده که جزو جامدهای کووالانسی هستند. با توجه به ساختارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

طول: B > A > C



الماس و SiO_2 = شفاف

گرافیت = کدر

(۱) (۲)

آ) کدام ساختار، جامد کووالانسی با چینش دو بُعدی اتم‌ها و کدام یک، جامد کووالانسی با چینش سه بُعدی اتم‌ها را نشان می‌دهد؟

ب) با توجه به اینکه گرافیت موجود در مغز مداد بر روی کاغذ اثر به‌جا می‌گذارد، کدام ساختار با این ویژگی همخوانی دارد؟ توضیح دهید.

پ) چرا در ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه از الماس استفاده می‌شود؟

ت) کدام چگالی (۲/۲۷ یا ۳/۵۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) را به گرافیت می‌توان نسبت داد؟ چرا؟

چرا در ساختار مغز مداد از گرافیت استفاده می‌شود؟ زیرا گرافیت ساختار لایه‌ای دارد و نیروی بین لایه‌ها در گرافیت ضعیف و اندروالسی است.

۲ـ باتوجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

پیوند	C-C	Si-Si
میانگین آنتالپی ($kJmol^{-1}$)	۳۴۸	۲۲۶

طول پیوند: C-C < Si-Si

آ) اگر سیلیسیم خالص ساختاری همانند الماس داشته باشد، پیش‌بینی کنید نقطه ذوب الماس بالاتر است یا سیلیسیم؟ چرا؟

ب) اگر آنتالپی پیوند Si-O بیشتر از پیوند Si-Si و ساختار Si(s) با $SiO_2(s)$ مشابه باشد، توضیح دهید چرا سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نشده و به‌طور عمده به شکل سیلیس یافت می‌شود؟

* وقتی Si-Si به Si-O تبدیل می‌شود پیوندها قوی‌تر می‌شوند
* ساختار شبکه‌ای کووالانسی آن تغییر نمی‌کند.
* Si خالص یافت نمی‌شود
* SiO_2 خالص سخت‌تر

گرافن، گونه‌ای به ضخامت یک اتم

شکل ۳ـ مدل گلوله و میله برای نمایش گرافن.

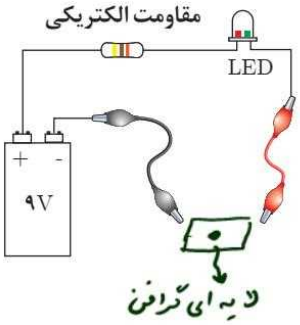
گرافن، تک لایه‌ای از گرافیت است که در آن، اتم‌های کربن با پیوندهای اشتراکی حلقه‌های شش‌گوشه تشکیل داده‌اند (شکل ۳). چنین ساختاری با الگویی مانند کندوی زنبور عسل، استحکام ویژه‌ای دارد به‌طوری که مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است. از آنجا که ضخامت گرافن به اندازه یک اتم کربن است، می‌توان آن را یک گونه شیمیایی دو بعدی دانست و انتظار می‌رود شفاف و انعطاف‌پذیر باشد. یافته‌های تجربی نیز این ویژگی‌های گرافن را تأیید می‌کنند. یک روش ساده برای تهیهٔ گرافن استفاده از گرافیت و نوارچسب نازک برای جدا کردن لایه‌هایی از آن است (شکل ۴).

شکل ۴ـ تهیه گرافن با استفاده از نوار چسب

در این روش، نخست مقداری گرد گرافیت را بین دو تکه نوار چسب فشار می‌دهند. سپس یکی از نوارچسب‌ها را جدا می‌کنند. به این ترتیب لایه‌هایی از گرافیت روی سطح چسبنده نوارچسب قرار می‌گیرد. در ادامه، این نوارچسب را به سطح چسبنده نوارچسب سوم چسبانده، فشار می‌دهند و از هم جدا می‌کنند تا لایه نازک‌تری از گرافیت روی نوار چسب سوم باقی بماند. با ادامه این کار لایه‌ای به ضخامت نانومتر در برخی قسمت‌های نوار چسب باقی می‌ماند که همان گرافن است.

کاوش کنید ۱

درباره «**رسانایی الکتریکی گرافن**» کاوش کنید.



وسایل و مواد مورد نیاز: لامپ LED، باتری ۹ ولتی ، سیم، سوکت، مقاومت ۳۳۰ اهمی، مداد و کاغذ.

۱ـ مداری مطابق شکل روبه‌رو بسازید.

۲ـ با یک مداد نرم، چهار گوشه‌ای ضخیم و تیره روی کاغذ بکشید، به طوری که حدود ۳ تا ۴ سانتی‌متر طول و حدود ۱/۵ سانتی‌متر عرض داشته باشد، سپس مستطیل را با مداد به طور کامل سیاه کنید.

۳ـ نوک فلزی دو سیم رابط را با مستطیل گرافیتی که ضخامتی در حدود چند نانومتر دارد تماس دهید سپس به لامپ نگاه کنید، چه رخ می‌دهد؟ لامپ روشن می‌شود

۴ـ دو نقطهٔ اتصال را به هم نزدیک یا از هم دور کنید، چه تغییری در شدت روشنایی لامپ پدید می‌آید؟ اگر دو نقطه اتصال را به هم نزدیک‌تر کنیم مقاومت گرافن کم می‌شود و روشنایی لامپ زیاد می‌شود

سازه‌های یخی، زیبا با ظاهری سخت اما زودگذار

جامد سولکوبی

با ساختار و رفتار سیلیس به عنوان نماینده‌ای از جامدهای کووالانسی آشنا شدید. ماده‌ای که در حالت خالص و تراش‌خورده، شفاف، زیبا و سخت است. یخ نیز ظاهری شبیه به آن دارد به‌طوری که سازه‌های یخی شفاف بوده و هنر به کار رفته در آنها، خود جلوه‌گر زیبایی است (شکل ۵).

جامد کوالانسی :

۱ * موادی که شامل تعداد زیادی از اتم‌ها هستند و میان همهٔ اتم‌ها پیوند اشتراکی وجود دارد، جامد کووالانسی گفته می‌شود.

۲ * در ساختار جامدهای کووالانسی واحد مجزا به نام مولکول وجود ندارد.

۳ * مواد کووالانسی، در دما و فشار اتاق به حالت جامد هستند، از این رو به آنها جامد کووالانسی می‌گویند.

۴ * یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که عنصرهای اصلی سازندهٔ جامدهای کووالانسی در طبیعت کربن و سیلیسیم هستند.

۵ * تاکنون هیچ یون تک اتمی از دو عنصر C و Si در هیچ ترکیبی شناخته نشده است.

یون‌های C^{4+} ، C^{4-} ، Si^{4+} و Si^{4-} به دلیل حجم بالای بار زیاد، بسیار ناپایدارند و در هیچ ترکیبی دیده نشده‌اند. این دو اتم تمایل به تشکیل پیوند اشتراکی و رسیدن به آکتت دارند.

۶ * جامدهای کووالانسی ساختارهای شبکه‌ای سه بعدی و در برخی موارد ساختار شبکه‌ای دو بعدی دارند در نتیجه :

۱) دیرگداز هستند و در مقابل گرما مقاومت زیادی دارند.

۲) سخت هستند و در اثر ضربه خرد می‌شوند.

۳) از رغلب مواد های ذوب و جوش بالاتری دارند ؛

سیلیسیم، سیلیس و سیلیسیم کربید

① سیلیسیم، پس از اکسیژن فراوان ترین عنصر در پوسته جامد زمین است.

در کل زمین : $Fe > O > Si$ ← فراوانی عنصرها

در پوسته جامد : $O > Si > Al > Fe$ ← فراوانی عنصرها

هوا کره : $N_2 > O_2 > Ar > CO_2$ ← فراوانی عنصرها

مشتری : $H > He$ ← فراوانی عنصرها

② بیش از ۹۰٪ پوسته زمین را ترکیب‌های گوناگون دو عنصر Si و O تشکیل می‌دهد.

③ سیلیس (SiO_2) فراوان ترین اکسید پوسته زمین است؛

✓ کوارتز ← نمونه خالص از سیلیس

✓ ماسه ← نمونه ناخالص از سیلیس

④ با وجود اینکه Si با C هم گروه است ولی ساختار و ویژگی‌های SiO_2 و CO_2 با هم متفاوت است؛

✓ SiO_2 ساختار شبکه‌ای سه بعدی دارد در حالی که CO_2 از مولکول‌های مستقل تشکیل شده است

$\ddot{O}=C=\ddot{O}$ $\quad$ ~~$\ddot{O}=Si=\ddot{O}$~~

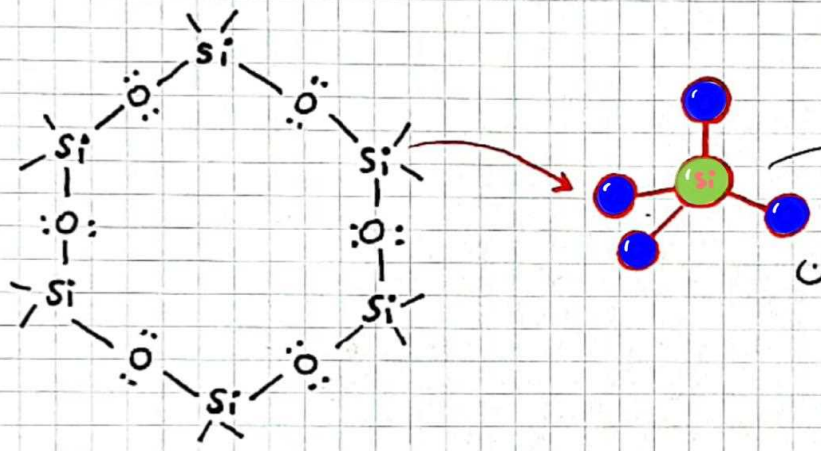
✓ از نظر رسانایی و سختی سیلیس از «یخ خشک» بهتر است؛

سفید (گرد) $\quad$ شفاف

$CO_{2(s)}$ < $SiO_{2(s)}$: از نظر رسانایی و جوش سختی

جامد مولکولی $\quad$ جامد کوالانسی

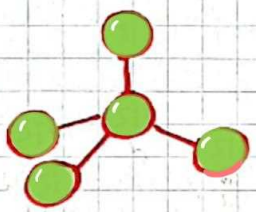
۵) سیلیس از تعداد بسیار زیادی اتم Si که با اتم‌های اکسیژن، پیوندهای Si-O-Si داده است، تشکیل می‌شود. در ساختار SiO_2 حلقه‌های ضلعی وجود دارد که در رأس این حلقه‌ها اتم‌های Si قرار دارد و هر ضلع این حلقه‌ها Si-O-Si می‌باشد.



- هر اتم Si چهار پیوند دارد.
- هر اتم Si به ۴ اتم اکسیژن وصل است

۶) ساختار خود عنصر سیلیسیم نیز سه‌بعدی است و هر اتم Si به چهار اتم Si دیگر متصل است و از اتصال تعداد بسیار زیادی از اتم‌ها، شبکهٔ جامد کووالانسی سیلیسیم ایجاد می‌شود.

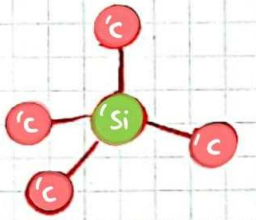
قسمتی از ساختار سیلیسیم



۷) سیلیسیم در طبیعت به شکل خالص یافت نمی‌شود و به طور عمده به شکل سیلیس وجود دارد.

پایداری: SiO_2 (سیلیس) > Si (سیلیسیم)

۸) سیلیسیم می‌تواند با اتم‌های کربن، سیلیسیم کربید (SiC) ایجاد کند که این ماده نیز دارای ساختار شبکه‌ای است و از خانواده جامدهای کووالانسی محسوب می‌شود.



۹) سیلیسیم کربید ماده سختی است و به‌عنوان یک ساینده ارزان‌قیمت در تهیه سنباده به کار می‌رود.

۱۰) ساختار سه ماده؛ سیلیسیم (Si)، سیلیسیم کربید (SiC) و الماس تقریباً شبیه است.

۱۱) آنتالپی پیوند و طول پیوند در جامدهای کووالانسی حاوی Si را به‌شکل زیر می‌توان مقایسه کرد؛

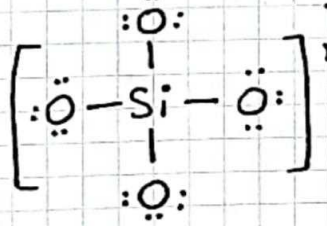
طول پیوند : $Si-Si > Si-C > Si-O$

آنتالپی پیوند : $Si-Si < Si-C < Si-O$

۱۲) با وجود اینکه آنتالپی پیوند $Si-O$ از $Si-C$ بیشتر است ولی دمای ذوب سیلیسیم کربید از سیلیس بیشتر است. (عوامل دیگری مانند ساختار بلور نیز بر دمای ذوب تأثیر دارند.)

دمای ذوب : $SiC > SiO_2 > Si$ * تعداد و تراکم پیوند در SiC بیشتر است!

۱۳) علاوه بر جامدهای کووالانسی، سیلیسیم می‌تواند با دو عنصر با الکترون‌منفی‌تر مانند اکسیژن یون سیلیکات SiO_4^{4-} نیز تشکیل دهد. سیلیکات‌ها از خانواده ترکیب‌های یونی می‌باشند.



سدیم سیلیکات Na_4SiO_4

منیزیم سیلیکات Mg_2SiO_4

الماس :

۱) جامد کووالانسی با شبکه سه بعدی و غول آسا از اتم‌های کربن است.

۲) هر اتم کربن به ۴ اتم کربن دیگر با ۴ پیوند یگانه وصل شده است.

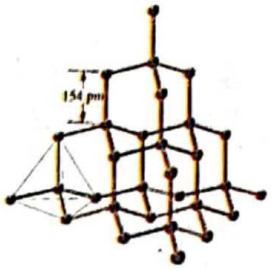
۳) به دلیل شبکه‌ای بودن، الماس بسیار سخت است ← ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه

۴) الماس ماده‌ای شفاف بوده و به دلیل درخشندگی و زیبایی که دارد، از آن در جواهرسازی استفاده می‌شود.

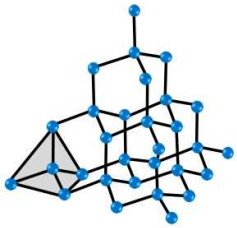
۵) الماس ↖ طبیعی ← جواهرسازی (الماس شفاف)
مصنوعی ← در ساخت مته‌ها و ابزار برش (الماس‌های غیرشفاف و نامرغوب)

۶) الماس رسانای حرارت می‌باشد.

۷) الماس الکتریسیته را از خود عبور نمی‌دهد.



تست۱ : با توجه به ساختار زیر که یکی از دگرشکل های طبیعی کربن را نشان می دهد، کدام مطالب زیر درست است؟



آ جامد کووالانسی الماس ($C_{(s)}$) با چینش سه‌بعدی اتم‌ها را نمایش می‌دهد که در شبکه‌ای غول‌آسا، اتم‌ها با پیوندهای اشتراکی به هم متصل‌اند.

ب در ساختار آن، هر اتم کربن با ۴ پیوند کووالانسی به ۴ اتم کربن متصل است.

پ وجود شبکه‌ای از اتم‌ها با پیوندهای اشتراکی قدرتمند $C-C$ در ساختار آن، موجب سختی زیاد و نقطهٔ ذوب بالای آن شده است.

ت ابزاری مناسب برای برش شیشه‌ها و ساخت مته‌ها است و رسانای خوب جریان برق می‌باشد.

۱ آ،ب، ت ۲ پ، ت ۳ آ، ب، پ ۴ آ، پ

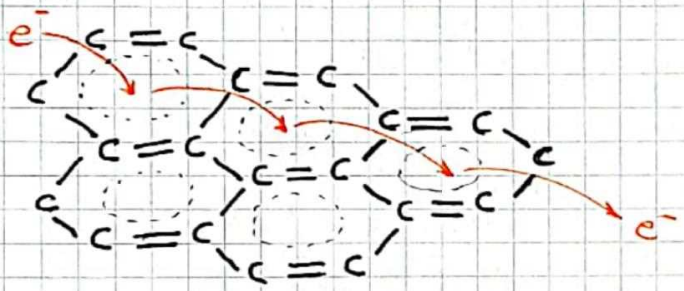
گرافیت :

۱) گرافیت جامد کووالانسی دو بعدی است .

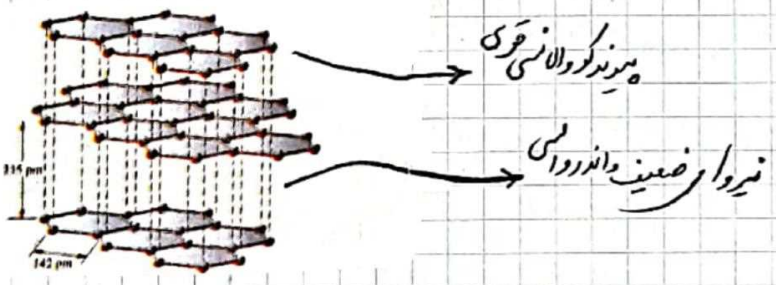
۲) ساختار لایه‌ای دارد ، در هر لایه شمار زیادی از اتم‌های کربن وجود دارد .

۳) هر اتم کربن با ۳ پیوند به ۳ اتم کربن مجاور خود متصل شده است .

۴) از اتصال اتم‌های کربن در هر لایه ، تعداد زیادی حلقه شش ضلعی ایجاد می‌شود .



۵) لایه‌های گرافیت با نیروهای ضعیف واندروالسی به هم متصل می‌شوند . در نتیجه با وارد شدن نیرو ، این لایه‌ها می‌توانند بر روی هم بلغزند . ← گرافیت ماده نرمی است .

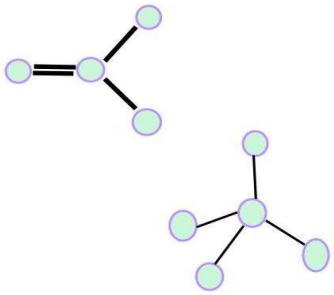


۶) گرافیت به دلیل داشتن الکترون‌های به نسبت آزاد ، رسانایی الکتریسیته دارد ← به عنوان الکترود کاربرد دارد .

۷) نقطه ذوب گرافیت مانند سایر جامدهای کووالانسی بسیار بالاست .

۸) گرافیت برخلاف الماس تیره است و حرارت را از خود عبور نمی‌دهد .

مقایسه خواص و ساختار الماس و گرافیت



۱) تعداد پیوند حول هر کربن : گرافیت (۳تا) = الماس (۴تا)

۲) تعداد اتم اطراف هر کربن : گرافیت (۳تا) < الماس (۴تا)

۳) آنتالپی پیوند : گرافیت (C≡C) > الماس (C-C)

۴) طول پیوند : گرافیت (C≡C) < الماس (C-C)

۵) مرتبه پیوند : گرافیت (C≡C) > الماس (C-C)

۶) پایداری ترمودینامیکی : گرافیت > الماس ← گرافیت به اندازه ۱٫۹ کیلوژول پایدارتر است

۷) ΔH سوختن $\frac{KJ}{mol}$: گرافیت < الماس

۸) رسانایی برق : گرافیت ≫ الماس = ۰

۹) رسانایی گرما : گرافیت < الماس

۱۰) رمای ذوب و جوش و سختی : گرافیت < الماس

۱۱) چگالی $g.cm^{-3}$: گرافیت < الماس (۲٫۲۷ < ۳٫۵۱)

۱۲) تعداد اتم موجود در $1cm^3$: گرافیت < الماس

۱۳) میزان جذب امواج مرئی : گرافیت > الماس

۱۴) الماس جامد کووالانسی 3D ولی گرافیت 2D است.

۱۵) هردو آلوتروپ (گرشکل) کربن هستند.

۱۶) ظرفیت گرمایی ویژه : گرافیت > الماس

۱۷) زاویه : گرافیت (۱۲۰) > الماس (۱۰۹٫۵)

مقایسه برخی خواص جامدهای کووالانسی کربن و سیلیسیم

۱) میانگین آنتالپی پیوند: $Si-Si < Si-C < C-C < Si-O$

$226 < 318 < 348 < 368$ $\quad kJ.mol^{-1}$

۲) سختی: الماس $>$ SiC $>$ Si

۳) دمای ذوب: الماس $>$ SiC $>$ SiO_2 $>$ Si

$3550 > 2730 > 1710 > 1414$ $\quad ^\circ C$

۴) روش تولید سیلیسیم، که عنصر اصلی سازندهٔ سلول‌های خورشیدی است، به صورت زیر است:

$$SiO_{2(s)} + 2C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} Si_{(l)} + 2CO_{(g)}$$

اکسنده — کاهنده

* تغییر عدد اکسایش Si: از $+4$ به صفر ↓

* تغییر عدد اکسایش C: از صفر به $+2$ ↑

۵) Si و C هردو در گروه ۱۴ قرار دارند و هر دو ۴ الکترون ظرفیتی دارند و تمایل به تشکیل ۴ پیوند اشتراکی دارند.

۶) کربن به شکل خالص در طبیعت یافت می‌شود ولی سیلیسیم به شکل خالص در طبیعت یافت نمی‌شود.

۷) رسانایی الکتریکی: الماس $<$ سیلیسیم $<$ گرافیت $<$ مس

۸) تنوع ترکیب‌ها: کربن $>$ سیلیسیم

۹) Si شبه‌فلز با ظاهر براق و درخشان، گرافیت C با ظاهر کدر و الماس C شفاف است که هر سه در اثر ضربه خرد و متلاشی می‌شوند.

گرافن

۱) به هرلایه از گرافیت، گرافن گفته می‌شود.

۲) هر صفحه گرافن از تعداد بسیار زیادی حلقه‌ای شش ضلعی ایجاد شده است.

۳) گرافن از جامدهای کووالانسی دوبعدی است.

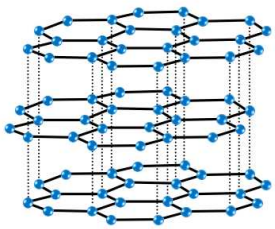
۴) برخلاف گرافیت شفاف و انعطاف پذیر است.

۵) مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است. (استحکام ویژه‌ای دارد)

۶) همانند گرافیت، گرافن نیز رسانای الکتریسیته دارد. البته رسانایی گرافن از گرافیت بیشتر است.

۷) ضخامت گرافن به اندازه یک اتم کربن است. و در آن هر اتم کربن با ۳ پیوند به سه اتم کربن دیگر متصل شده است.

تست۲: با توجه به ساختار جامد کووالانسی داده شده، چند مورد از مطالب زیر نادرست است؟



✶ ساختار گرافیت، از دگرشکل‌های طبیعی کربن با چینش سه‌بعدی اتم‌ها را نشان می‌دهد.

✶ در ساختار آن، هر اتم کربن با ۴ پیوند کووالانسی به ۴ اتم کربن دیگر، متصل است.

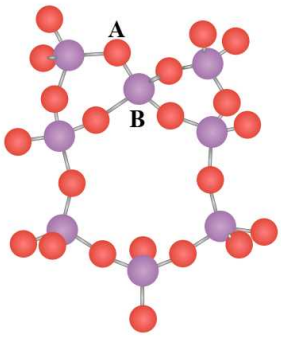
✶ برخلاف الماس ماده‌ای نرم و با نقطهٔ ذوب پایین است.

✶ شمار اتم‌های کربن در یک نمونه یک سانتی متر مکعبی از آن، با شمار اتم‌های کربن در یک نمونه یک سانتی متر مکعبی از الماس برابر است.

✶ به دلیل داشتن ساختار ورقه‌ای، گرافیت موجود در مغز مداد بر روی کاغذ اثر به‌جا می‌گذارد.

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

تست ۳: با توجه به ساختار کووالانسی داده شده ، چند مورد از مطالب زیر درست است؟



✶ در ساختار روبرو شمار پیوندهای اشتراکی هر اتم B ، دو برابر شمار پیوندهای اشتراکی هر اتم A است و می‌تواند مربوط به گونه‌ای با فرمول شیمیایی BA_2 باشد.

✶ ساختار سیلیس را نشان می‌دهد که در آن هر اتم سیلیسیم به چهار اتم اکسیژن و هر اتم اکسیژن به دو اتم سیلیسیم، با پیوند اشتراکی متصل است.

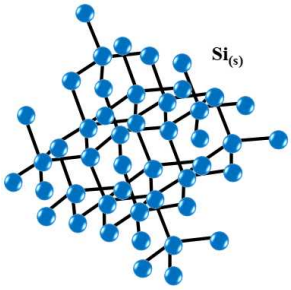
✶ جامدی سخت و دیرگداز و از سازنده‌های اصلی بسیاری از سنگ‌ها، صخره‌ها و خاک‌رس، با فرمول مولکولی $SiO_{2(s)}$ را نشان می‌دهد.

✶ عنصر B ، شبه‌فلزی از خانواده کربن است و ساختار اکسید داده شده از آن، با ساختار $CO_{2(s)}$ مشابه است.

✶ بیش از ۹۰ درصد پوستهٔ جامد زمین را، ترکیب‌های گوناگون دو عنصر A و B تشکیل می‌دهند که هر دو عنصرهای اصلی سازندهٔ جامدهای کووالانسی به شمار می‌آیند.

۱ [۱] ۲ [۲] ۳ [۳] ۴ [۴]

تست۴ : ساختار جامد کووالانسی سیلیسیم را نشان می دهد، با توجه به آن ، کدام مطالب زیر درست است؟



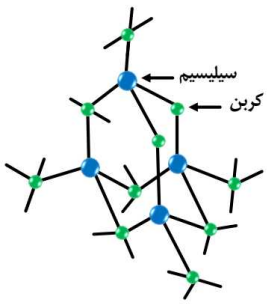
آ ساختاری مشابه با الماس دارد و از آن‌جایی که میانگین آنتالپی پیوند $C-C$ نسبت به $Si-Si$ بیشتر است، سیلیسیم نسبت به الماس دارای سختی کم‌تر و نقطهٔ ذوب پایین‌تری است.

ب با مشابه در نظر گرفتن ساختار سیلیسیم و سیلیس، بیشتر بودن میانگین آنتالپی پیوند $Si-O$ نسبت به $Si-Si$ را می‌توان دلیل بر پایداری بیشتر سیلیس نسبت به سیلیسیم در طبیعت دانست.

پ سیلیسیم برخلاف سیلیس در طبیعت به حالت خالص یافت نمی‌شود و همچنین سیلیسیم همانند سیلیس دارای ظاهری شفاف است.

۱ آ،ب ۲ آ،پ ۳ ب، پ ۴ آ، ب، پ

تست۵ : چند مورد از مطالب زیر درست است؟



✶ ساختار روبرو جامد کووالانسی سیلیسیم کربید با شمار زیاد پیوندهای اشتراکی $Si-C$ را نشان می‌دهد که به دلیل سختی زیاد، به عنوان سنباده کاربرد دارد.

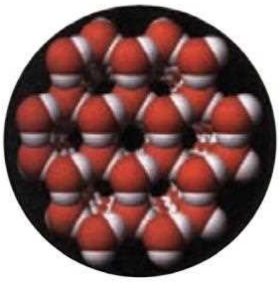
✶ مقایسه سختی جامدهای کووالانسی سیلیسیم، سیلیسیم کربید و الماس، به صورت $C_{(s)} > SiC_{(s)} > Si_{(s)}$ است.

✶ کربن و سیلیسیم عنصرهای اصلی سازنده جامدهای کووالانسی در طبیعت هستند که در برخی ترکیب‌های طبیعی، با تشکیل یون تک اتمی به آرایش الکترونی هشت‌تایی پایدار می‌رسند.

✶ در ساختار جامدهای کوالانسی به جز گرافیت، هر اتم به چهار اتم دیگر متصل است.

✶ کوارتز، نمونهٔ خالص و ماسه، نمونهٔ ناخالص سیلیسیم است.

۱ ۲ [۲] ۳ ۳ [۳] ۴ ۴ [۴] ۵



دانهٔ برف یک سازهٔ یخی طبیعی است که مبنای تشکیل آن حلقه‌های شش‌گوشه است.

شکل ۵ ـ نمونه‌هایی از سازه‌های یخی

می‌دانید مولکول‌های H_2O در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه بُعدی با تشکیل حلقه‌های شش گوشه، شبکه‌ای همانند کندوی زنبور عسل با استحکام ویژه پدید می‌آورند. در این ساختار هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند اشتراکی و به دو اتم هیدروژن از مولکول‌های دیگر با پیوندهای هیدروژنی متصل است. این در حالی است که در سیلیس همه اتم‌ها با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل شده‌اند.

خود را بیازمایید

۱ـ با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

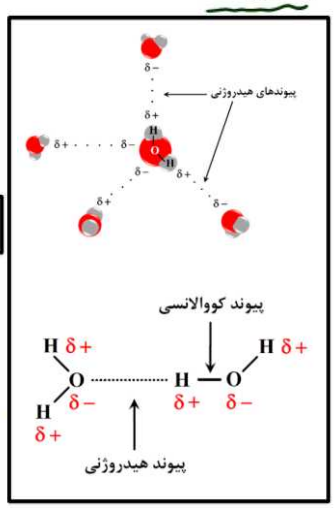
مهم: در ساختار یک جامد کووالانسی / مولکولی، میان همهٔ / شمار معینی از اتم‌ها پیوندهای اشتراکی وجود دارد به همین دلیل چنین موادی نقطهٔ ذوب بالایی / پایینی دارند و دیرگداز هستند.

تمام غلط

اغلب ترکیب‌های آلی جزو مواد مولکولی هستند.

۲ـ واژه‌های شیمیایی رایج مانند مادهٔ مولکولی، فرمول مولکولی و نیروهای بین مولکولی را برای توصیف کدام مواد زیر می‌توان به کار برد؟ چرا؟

$C_6H_{14}(l)$, $SiO_2(s)$, $NaCl(s)$, $HF(g)$, $C(s, \text{گرافیت})$, $Cl_2(g)$



>>> رفتارهای فیزیکی و شیمیایی جامدهای مولکولی <<<

دریافتید که مولکول‌ها، واحدهای سازندهٔ مواد مولکولی هستند، واحدهای مجزایی که شامل دو یا چند اتم با پیوندهای اشتراکی بوده و نقشی کلیدی در تعیین خواص و رفتار این دسته از مواد دارند. رفتار فیزیکی مواد مولکولی به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی آنها بستگی دارد. برای نمونه آنتالپی تبخیر و نقطه جوش یک ترکیب مولکولی به حالت مایع

پیوند اشتراکی غلظه

به نیروهای بین مولکولی آن وابسته است، در حالی که رفتار شیمیایی آن به‌طور عمده به پیوندهای اشتراکی (جفت الکترون‌های پیوندی) و جفت الکترون‌های ناپیوندی موجود در مولکول وابسته است.

رفتار مولکول‌ها و توزیع الکترون‌ها

در شیمی۱ آموختید که ساختارلوویس، الکترون‌های ظرفیت اتم‌های سازندهٔ یک گونهٔ شیمیایی را طوری نمایش می‌دهد که هر اتم بر اساس توزیع جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی می‌کند به جز اتم هیدروژن که تنها یک جفت الکترون پیوندی یا یک پیوند اشتراکی پیرامون آن نمایش داده می‌شود. توزیع این جفت الکترون‌ها در هر مولکول نقش مهمی در تعیین رفتار آن به ویژه در میدان الکتریکی دارد.

ساده‌ترین مولکول‌ها، دواتمی هستند. مولکول‌هایی مانند H_2 و Cl_2 که از دو اتم یکسان تشکیل شده‌اند، **مولکول دو اتمی جور هسته**[1] نامیده می‌شوند. چنین مولکول‌هایی در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند، به دیگر سخن، گشتاور دو قطبی آنها صفر بوده و مولکول‌های ناقطبی هستند. از سوی دیگر مولکول‌های دو اتمی مانند HCl، **مولکول دواتمی ناجور هسته**[2] بوده و قطبی هستند. شکل ۶، توزیع الکترون‌ها را بر اساس نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی برای این مولکول‌ها نشان می‌دهد.

آ) احتمال حضور جفت الکترون پیوندی پیرامون هستهٔ اتم کلر بیشتر بوده زیرا خاصیت نافلزی آن بیشتر است، از این رو احتمال حضور الکترون‌های پیوندی روی هسته‌ها، یکسان و متقارن نیست.

ب) احتمال حضور جفت الکترون پیوندی در فضای بین دو هسته بیشتر است، گویی بیشتر وقت خود را آنجا می‌گذرانند، از این رو احتمال حضور آنها روی هسته‌ها، یکسان و متقارن است.

شکل ۶ـ نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی برای نمایش احتمال حضور الکترون‌ها در مولکول‌های دو اتمی آ) ناجور هسته ب) جور هسته. رنگ سرخ تراکم بیشتر و رنگ آبی تراکم کمتر بار الکتریکی را نشان می‌دهد.

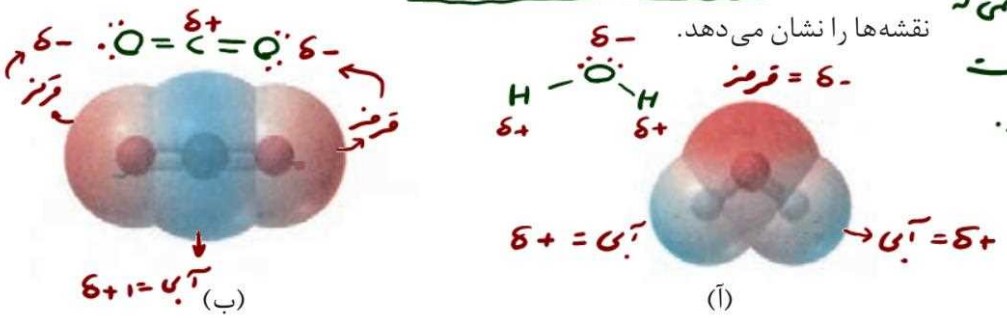
δ+ δ−

آیا می‌دانید

شیمی‌دان‌ها در مباحث نظری برای توجیه بارهای الکتریکی جزئی در یک گونهٔ شیمیایی از یک کمیت نسبی به نام الکترونگاتیوی بهره می‌گیرند. کمیتی که برای اتم‌های یک عنصر در گونه‌های شیمیایی مختلف، متفاوت است.

براساس شکل ۶، توزیع یکنواخت و متقارن الکترون‌ها در مولکول‌های دو اتمی جور هسته، نشانهٔ ناقطبی بودن آن است در حالی که در مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته، توزیع الکترون‌ها یکنواخت نبوده و تراکم بار الکتریکی روی اتم‌های سازندهٔ آن یکسان نیست، در این شرایط به اتمی که تراکم بار الکتریکی روی آن بیشتر است، **بار جزئی**[1] منفی ($\delta-$) و به دیگری بار جزئی مثبت ($\delta+$) نسبت می‌دهند. بدیهی است چنین مولکول‌هایی گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر دارند.

آیا می‌دانید نقشهٔ پتانسیل مولکول‌های سه اتمی چگونه است؟ شکل ۷، دو نمونه از این نقشه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۷ـ نقشهٔ پتانسیل الکتروستاتیکی آ) آب، ب) کربن‌دی‌اکسید

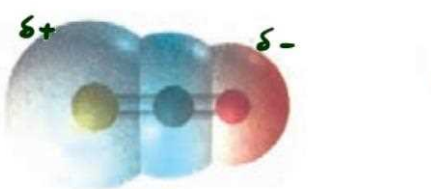
در مولکول خطی کربن‌دی‌اکسید، تراکم بار الکتریکی بر روی اتم‌های اکسیژن بیشتر از اتم کربن است، از این رو به اتم‌های اکسیژن بار جزئی منفی ($\delta-$) و به اتم کربن بار جزئی مثبت ($\delta+$) نسبت داده می‌شود، هر چندکه به دلیل توزیع متقارن بار الکتریکی پیرامون اتم مرکزی، این مولکول در میدان الکتریکی جهت گیری نمی کند و گشتاور دوقطبی آن صفر است.

اگر چه در مولکول خمیدهٔ آب تراکم بار الکتریکی روی هسته اتم اکسیژن بیشتر است اما این مولکول بر خلاف کربن‌دی‌اکسید در میدان الکتریکی جهت گیری می کند (چرا؟).

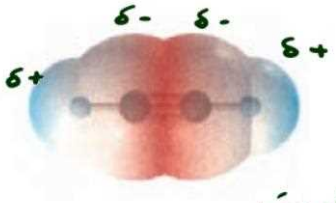
- در مولکول خطی سه اتمی، هسته هر سه اتم سازندهٔ آن بر روی یک خط راست قرار دارند.
- یکی از عواملی که می‌تواند تقارن و توزیع یکنواخت بارهای الکتریکی را در مولکول‌های چند اتمی به هم بزند، وجود جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم مرکزی است.

خود را بیازمایید

۱ـ شکل زیر نقشهٔ پتانسیل مولکول‌های کربونیل سولفید (SCO) و اتین (C_2H_2) را نشان می‌دهد. با توجه به آنها گشتاور دو قطبی کدام مولکول برابر با صفر است؟ چرا؟

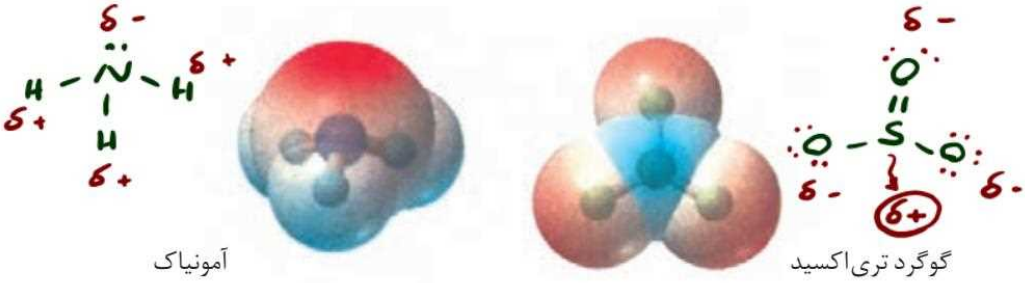


کربونیل سولفید



اتین

۲ـ با توجه به نقشهٔ پتانسیل مولکول‌های آمونیاک و گوگرد تری‌اکسید به پرسش‌ها پاسخ دهید.

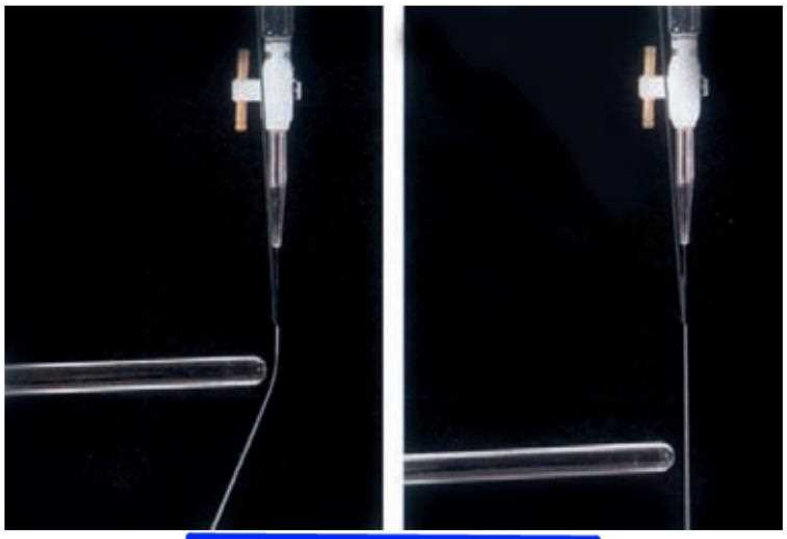


آمونیاک — گوگرد تری‌اکسید

آ) با بیان دلیل، هر یک از اتم‌ها را در نقشه‌های بالا با (δ+)و(δ−) نشان‌دار کنید.

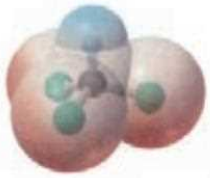
ب) کدام مولکول قطبی و کدام ناقطبی است؟ چرا؟

۳ـ با توجه به شکل‌های زیر با دلیل پیش‌بینی کنید کدام مایع، کلروفرم ($CHCl_3$) و کدام‌یک کربن‌تتراکلرید (CCl_4) است؟



آیا می‌دانید

کلروفرم، مایعی بی‌رنگ بوده که بخار آن سمی و اعتیادآور است. در گذشته از آن به عنوان مادهٔ بیهوش‌کنندهٔ بیمار در اتاق عمل استفاده می‌شد.



کلروفرم
۴ ج پ
۲.۹ ج ن پ

۴ ج پ
۱۲ ج ن پ
(کربن تتراکلرید)

ترکیبات یونی

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

خورشید بزرگ‌ترین منبع انرژی برای زمین است. منبعی تجدیدپذیر که انرژی خود را با پرتوهای الکترومغناطیسی به سوی ما گسیل می‌دارد. بدیهی است که بهره‌گیری بیشتر از این انرژی پاک، کاهش رد پای زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت. دانشمندان برای استفاده بهینه از انرژی خدادادی و رایگان خورشید به دنبال فناوری‌هایی هستند که بتوانند بخشی از آن را ذخیره نموده و به شکل انرژی الکتریکی وارد چرخه مصرف نمایند (به‌ویژه شب‌هنگام که نیاز به آن بیشتر احساس می‌شود). گفتنی است که برای تبدیل پرتوهای خورشیدی به انرژی الکتریکی به دانش و فناوری پیشرفته نیازمند است، از این رو تنها در برخی کشورهای توسعه یافته انجام می‌شود.

جامدهای کووالانسی	جامد مولکولی (مواد مولکولی)
• واحد سازنده اتم می باشد.	• واحد سازنده مولکول است.
▪ برای ذوب کردن باید پیوندهای اشتراکی غلبه کرد.	▪ برای ذوب کردن باید به جاذبه‌های واندروالسی و یا هیدروژنی غلبه کرد.
▲ تنوع کمی دارند.	▲ متنوع ترین خانواده بین انواع مواد هستند.
• مثال عنصری: C ← الماس و گرافیت و گرافن B ← بور Si ← سیلیسیم As ← آرسنیک Ge ← ژرمانیم	• مثال عنصری: Br_2 ، Cl_2 ، F_2 ، O_3 ، O_2 H_2 ، Se_8 ، S_8 ، N_2 ، P_4 ، I_2 ، گازهای نجیب
▪ مثال ترکیب: $SiC - SiO_2$	▪ مثال ترکیب: معدنی: N_2O_4 ، H_2O ، CO_2 الکل ← کربوکسیلیک اسید: آلکان، آلکن ..... الکل....
✓ نقطه ذوب و جوش بسیار بالایی دارند و دیرگدازند.	✓ نقطه ذوب و جوش پایین دارند و زودگدازند.
✓ خواص و رفتار فیزیکی و شیمیایی آنها به پیوند کووالانسی بین اتم‌های آنها بستگی دارد.	✓ خواص فیزیکی ← به اندازه مولکول و جاذبه‌های بین مولکولی وابسته می باشد.
✓ گرافیت نیروی واندروالسی بین لایه‌ای نیز دارد.	✓ خواص شیمیایی ← به طور عمده به پیوند کووالانسی و حفظ شدن آنها پیوندی بستگی دارد.

یخ $H_2O_{(s)}$	سیلیس (SiO_2)
✓ جامد، شفاف، شکننده	✓ جامد، شفاف، شکننده
✓ مولکول دارد.	✓ مولکول ندارد.
✓ دمای ذوب پایین و زودگداز	✓ دمای ذوب بالا و دیرگداز
✓ وجود حلقه‌های شش ضلعی	✓ وجود حلقه‌های شش ضلعی
✓ هر ضلع از یک پیوند کووالانسی و یک پیوند هیدروژنی تشکیل شده است $O-H\cdots O$	✓ هر ضلع از دو پیوند کووالانسی تشکیل شده است $Si-O-Si$
✓ ساختار منظم و سه بعدی	✓ ساختار منظم و سه بعدی
✓ سخت ✓ نارسانای برق	✓ بسیار سخت تر ✓ نارسانا
✓ جامد مولکولی ← شبکه‌ای از مولکول‌ها	✓ جامد کووالانسی ← شبکه‌ای هم پیوسته از اتم‌ها

روش تشخیص قطبیت در مولکول‌ها با توجه به ساختار لوویس

مولکول‌های قطبی:

۱- مولکول‌های دو اتمی ناجور هسته، قطبی هستند. در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کنند و گشتاور دوقطبی بزرگ‌تر از صفر دارند (مانند CO، HF و...).

۲- اگر اتم مرکزی دارای جفت الکترون (های) ناپیوندی باشد، عموماً مولکول قطبی است، که در این صورت در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند و گشتاور دو قطبی بزرگتر از صفر خواهد داشت(مانند NH_3، H_2O و...).

۳- اگر اتم‌های اطراف اتم مرکزی متفاوت باشند، عموماً مولکول قطبی است، که در این صورت در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند و گشتاور دو قطبی بزرگتر از صفر خواهد داشت (مانند SCO، $CHCl_3$ و...).

مولکول‌های ناقطبی:

۱- مولکول‌های جور هسته، ناقطبی هستند. در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کنند و گشتاور دوقطبی برابر صفر دارند (مانند F_2 ، P_4 و... به استثناء اوزون O_3).

۲- اگر اتم مرکزی دارای جفت الکترون (های) ناپیوندی نباشد و اتم‌های اطراف اتم مرکزی یکسان باشند، مولکول ناقطبی است که در این صورت در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند و گشتاور دو قطبی آن برابر صفر است (مانند CCl_4، SO_3 و...).

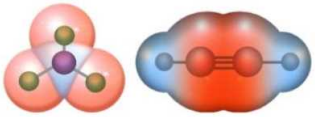
۳- هیدروکربن‌ها(مولکول‌هایی که فقط دارای اتم‌های C و H هستند) مولکول‌هایی ناقطبی به‌شمار می‌آیند و گشتاور دوقطبی آن‌ها صفر و یا درحدود صفر است(مانند CH_4، C_6H_6 و...).

تست۶: باتوجه به نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی مولکول های زیر، کدام مطالب زیر درست است؟

آ) توزیع بار الکتریکی پیرامون اتم(های) مرکزی، در هر دو مولکول متقارن است و هر دو مولکول‌هایی ناقطبی به شمار می‌آیند.

ب) تراکم بیشتر بار الکتریکی منفی در C_2H_2 و SO_3، به ترتیب بر روی اتم‌های کربن و اکسیژن است.

پ) مولکول SO_3 برخلاف مولکول C_2H_2 در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.



SO_3 C_2H_2

۱) آ،ب ۲) آ،پ ۳) ب، پ ۴) آ،ب، پ

تست ۷: کدام گزینه درباره مولکول آمونیاک درست است؟

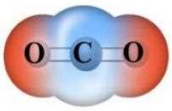
۱) گشتاور دو قطبی آن، برابر صفر است.

۲) در میدان الکتریکی، جهت گیری می‌کند.

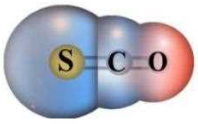
۳) اتم نیتروژن در آن، دارای یک جفت الکترون ناپیوندی است.

۴) هر اتم هیدروژن در آن، بار جزئی $+\delta$ و اتم نیتروژن دارای بار جزئی -3δ است.

تست۸ : باتوجه به نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی مولکول های داده شده، چند مورد از مطالب زیر درست است؟
(S = 32 , O = 16)



CO_2



SCO

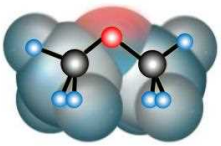
✶ مولکول کربونیل سولفید(SCO) همانند CO_2، مولکولی خطی و دارای گشتاور دوقطبی برابر با صفر است.
✶ در هر دو مولکول، اتم کربن دارای بار جزئی مثبت($+\delta$) است.
✶ تراکم بیشتر بار الکترکی منفی در هر دو مولکول بر روی اتم‌های اکسیژن است.
✶ کربونیل سولفید دارای نیروهای بین مولکولی قوی‌تر و نقطهٔ جوش بالاتر نسبت به کربن دی اکسید است.

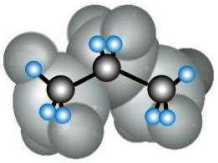
۱ [۱] ۲ [۲] ۳ [۳] ۴ [۴]

تست۹ : باتوجه به نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی پروپان و دی متیل اتر، کدام مطالب درست است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

[۱] تبدیل پروپان به مایع، دشوارتر است.
[۲] در هر دو، اتم مرکزی بارجزئی مثبت دارد.
[۳] نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی مشابهی دارند.
[۴] هر دو در میدان الکتریکی به یک‌سو جهت‌گیری می‌کنند.

تست۱۰ : باتوجه به نقشه پتانسیل الکترواستاتیکی پروپان و دی متیل اتر که جرم مولی نزدیک به هم دارند، چند مورد از مطالب زیر درست است؟


CH_3OCH_3

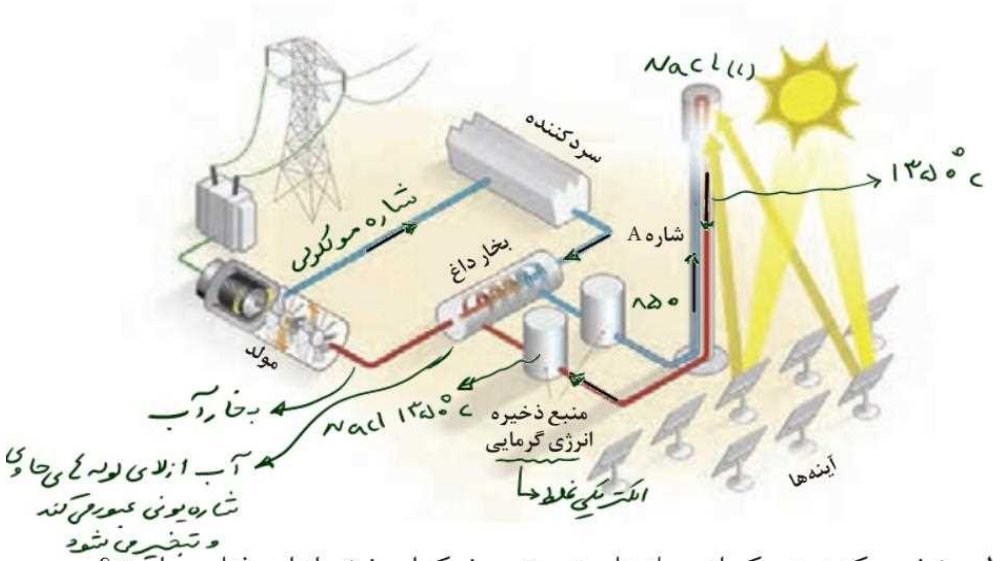

C_3H_8

✶ توزیع الکترون‌ها بر روی اتم‌ها در مولکول پروپان، یکنواخت صورت گرفته است.
✶ در دی‌متیل‌اتر، تراکم بیشتر بار الکتریکی منفی، روی اتم اکسیژن و تراکم بیشتر بار الکتریکی مثبت، روی گروه‌های متیل است.
✶ قدرت نیروهای بین مولکولی در دی‌متیل‌اتر بیشتر از پروپان است.
✶ نقطهٔ جوش پروپان بالاتر از دی‌متیل‌اتر است.

۱ [۱] ۲ [۲] ۳ [۳] ۴ [۴]

با هم بیندیشیم — تولید برق با انرژی خورشید

شکل زیر نمایی از فناوری پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از پرتوهای خورشیدی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.



۱ـ مشخص کنید هر یک از جمله‌های زیر، توصیف کدام بخش از این فناوری است؟

آ) پرتوهای خورشیدی را روی برج گیرنده متمرکز می‌کنند.

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

پ) شاره‌ای که توربین را به حرکت در می‌آورد.

۲ـ با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

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

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

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

۳ـ با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، جملهٔ زیر را کامل کنید.

مطابق یک قاعدهٔ کلی هر چه تفاوت بین نقطه ذوب و جوش یک مادهٔ خالص بیشتر / کمتر باشد، آن ماده در گسترهٔ دمایی بیشتری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه میان ذره‌های سازندهٔ مایع قوی‌تر / ضعیف‌تر است.

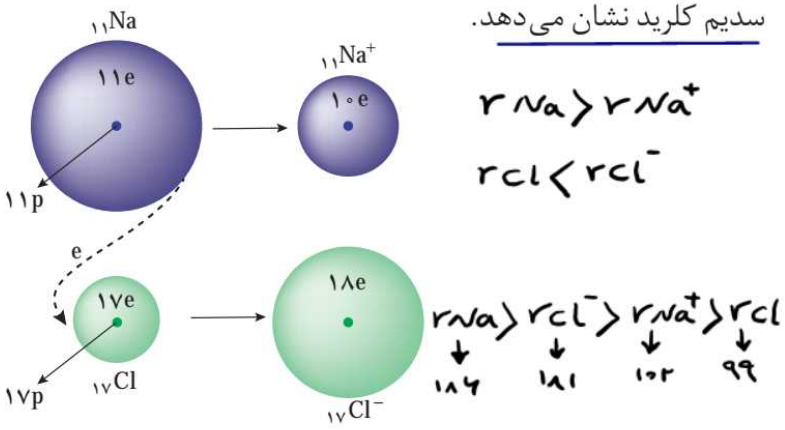
دریافتید که با متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرندهٔ برج، دمای سدیم کلرید مذاب (شاره یونی) افزایش می‌یابد و این شاره بسیار داغ به منبع ذخیره انرژی گرمایی سرازیر می‌شود تا حتی در روزهای ابری و شب‌هنگام، انرژی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم کند. بخار داغ، توربین را برای تولید انرژی الکتریکی به حرکت در می‌آورد.

داده‌های تجربی نشان می‌دهند که گسترهٔ دمایی سدیم کلرید مذاب در این فناوری در حدود $^{\circ}C$ ۸۵۰ ـ ۱۳۵۰ است، گسترهٔ دمایی که برای مواد مولکولی نمی‌توان انتظار داشت!

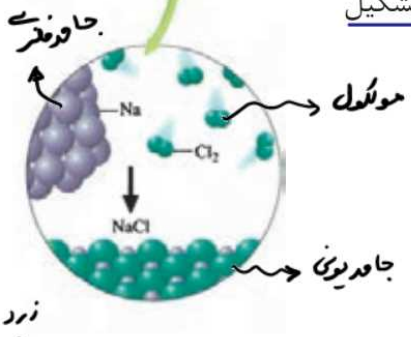
آیا می‌دانید این ویژگی نشان‌دهنده چه نوع نیروی جاذبه میان ذره‌ها است؟ و چه ساختاری برای سدیم کلرید تصویر می‌کند؟

چینش زیبا، منظم و سه بعدی یون‌ها در جامد یونی

می‌دانید که هر ترکیب یونی دوتایی را می‌توان فراوردهٔ واکنش یک فلز با یک نافلز دانست، واکنشی که در آن اتم‌ها با یکدیگر الکترون دادوستد می‌کنند. در واکنش‌هایی از این دست، اتم فلز با از دست دادن الکترون و اتم نافلز با به‌دست آوردن الکترون، به ترتیب به کاتیون و آنیون تبدیل می‌شوند. شکل ۸، دادوستد الکترون میان اتم‌های سدیم و کلر را هنگام تشکیل سدیم کلرید نشان می‌دهد.



شکل ۸ ـ دادوستد الکترون میان اتم‌ها. چرا شعاع اتم‌ها هنگام تبدیل به یون تغییر می‌کند؟



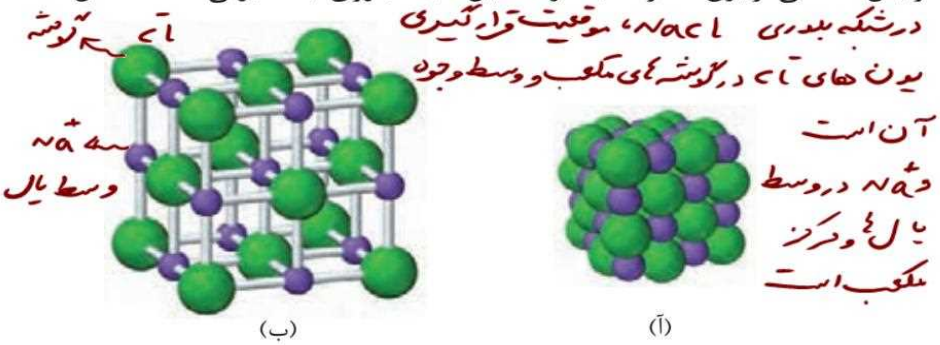
● از واکنش فلز سدیم با گاز کلر، جامد یونی سفید رنگی بر جای می‌ماند که همان نمک خوراکی است. نور و گرمای زیاد آزاد شده در این واکنش نشان می‌دهد که بسیار گرماده است.

پس از دادوستد الکترون و تشکیل یون‌ها، میان یون‌های ناهمنام، نیروی جاذبه و میان یون‌های همنام، نیروی دافعه پدید می‌آید. اگر هر یک از یون‌ها همانند کره‌ای باردار باشد، انتظار می‌رود نیروهای جاذبه و دافعه از همهٔ جهت‌ها به آن وارد شود، به دیگر سخن این نیروها به‌شمار معینی از یون‌ها محدود نشده بلکه میان همهٔ آنها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود. وجود سدیم کلرید و دیگر جامدهای یونی در طبیعت نشان می‌دهد که نیروهای جاذبه میان یون‌های ناهمنام بر نیروهای دافعه میان یون‌های همنام غالب است، آن چنان که شمار بسیار زیادی از یون‌ها به سوی یکدیگر کشیده می‌شوند. چنین روندی، دلیل پدید آمدن

تعریف:

- واژه شبکه بلوری برای توصیف آرایش سه بعدی و منظم اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌ها در حالت جامد به کار می‌رود.
- فرمول شیمیایی هر ترکیب یونی، ساده‌ترین نسبت کاتیون‌ها و آنیون‌های سازندهٔ آن را نشان می‌دهد.

آرایش منظمی از یون‌ها در سه‌بعد و تشکیل شبکه بلوری جامد یونی است (شکل ۹).



(آ) (ب)

شکل ۹- آرایش یون‌ها در شبکه بلوری سدیم کلرید آ) فضا پرکن ب) گلوله و میله

آیا می‌دانید

در بسیاری از ترکیب‌های یونی عدد کوئوردیناسیون کاتیون و آنیون یکسان نیست. کلسیم فلوئورید از جمله آنها است. در این ترکیب یونی عدد کوئوردیناسیون کاتیون، ۸ و عدد کوئوردیناسیون آنیون، ۴ است.

با کمی دقت در شکل ۹، در می‌یابید که آرایش یون‌ها در سرتاسر شبکه بلوری سدیم کلرید به‌عنوان نمایندهٔ جامدهای یونی از یک الگوی تکراری پیروی می‌کند، به‌طوری که هر کاتیون با شمار معینی آنیون و هر آنیون با شمار معینی کاتیون احاطه شده است. به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهمنام موجود پیرامون هریون در شبکه بلور، عدد **کوئوردیناسیون**[1] می‌گویند، بنابراین عدد کوئوردیناسیون هر یک از یون‌های Na^+ و Cl^- در بلور سدیم کلرید با هم مساوی و برابر با ۶ است (چرا؟).

با هم بیندیشیم

۱ـ توضیح دهید چرا برای توصیف ترکیب‌های یونی در منابع علمی معتبر هیچ‌گاه واژه‌هایی مانند مولکول و فرمول مولکولی به کار نمی‌رود؟

۲ـ جدول زیر اندازهٔ شعاع برخی یون‌های متداول را در مقایسه با اندازهٔ اتم سازندهٔ آنها نشان می‌دهد. در مورد این جدول با یکدیگر گفت‌وگو کنید و روندهای موجود در آن را توضیح دهید.

گروه / دوره	۱	۲	۱۶	۱۷
دوم	Li^+ ۱۵۲، ۷۶	یون پایدار ندارد	O^{2-} ۷۳، ۱۴۰	F^- ۷۱، ۱۳۳
سوم	Na^+ ۱۸۶، ۱۰۲	Mg^{2+} ۱۶۰، (۷۲)	S^{2-} ۱۰۲، ۱۸۴	Cl^- ۹۹، ۱۸۱

تعریف چگالی بار:

۳ـ اگر هریون را کره‌ای باردار در نظر بگیرید، چگالی بار هم‌ارز با نسبت بار به حجم آن است. کمیتی که می‌تواند برای مقایسهٔ میزان برهم‌کنش میان یون‌ها به‌کار رود. نسبت ساده‌تری که می‌توان به کاربرد، نسبت مقدار بار یون به شعاع آن است. با این توصیف جدول زیر را کامل کنید و به پرسش‌ها پاسخ دهید.

چگالی بار = بار / شعاع

* در مقایسه چگالی بار ادیت بار است.

بار ↑ = چگالی بار ↑

* اگر بار برابر بود: شعاع ↓ = چگالی بار ↑

کاتیون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع	آنیون	شعاع (pm)	نسبت بار به شعاع
Na^+	۱۰۲	$۹/۸۰ \times ۱۰^{-۳}$	F^-	۱۳۳	...
K^+	۱۳۸		Cl^-	۱۸۱	$۷/۲۴ \times ۱۰^{-۳}$
$Mg^{۲+}$	۷۲		$O^{۲-}$	۱۴۰	$۲/۷۷ \times ۱۰^{-۲}$
$Ca^{۲+}$	۹۹	...	$S^{۲-}$	۱۸۴	$۱/۰۹ \times ۱۰^{-۲}$

آ) چگالی بار کدام کاتیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

ب) چگالی بار کدام آنیون کمتر و کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

پ) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه قوی‌تر است؟ چرا؟

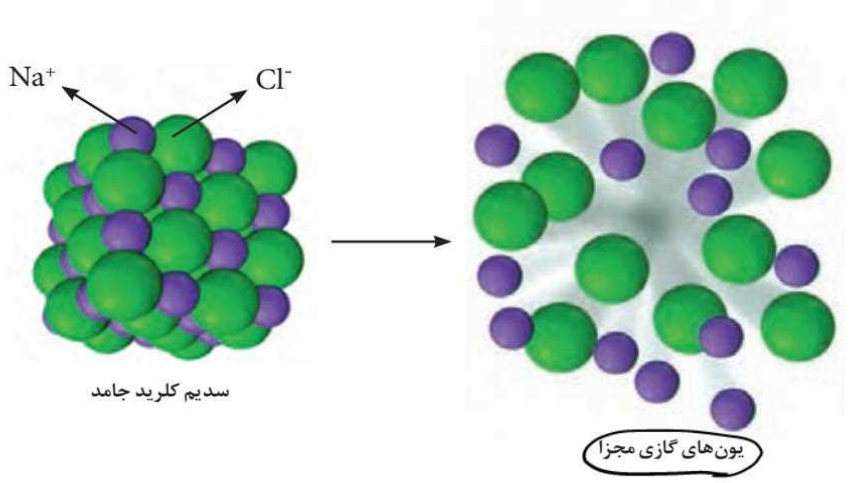
ت) پیش‌بینی کنید نیروی جاذبه میان کدام کاتیون با کدام آنیون از همه ضعیف‌تر است؟ چرا؟

اینک می‌پذیرید که نوع و بار یون‌ها و در نتیجه قدرت نیروی جاذبه میان آنها در شبکه بلوری، کلیدی برای درک رفتار آنهاست. هر چه نیروی جاذبه میان یون‌ها قوی‌تر باشد، استحکام شبکه یونی بیشتر بوده و برای فرو پاشی آن یا جدا کردن کامل یون‌ها از یکدیگر به انرژی بیشتری نیاز است. شکل ۱۰، فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید را نشان می‌دهد.

انرژی شبکه >>> آنتالپی فرو پاشی شبکه >> مقدار انرژی است که به یک مول جامد یونی وارد هم تا به یون‌های گازی سازنده اش تبدیل شود.

آنتالپی فرو پاشی تابع چگالی بار یون‌هاست که آنهم تابع ① بار ② شعاع یون است.

* هرچه بار یون ↑ ـ انرژی شبکه ↑
* هرچه اندازه یون ↑ ـ انرژی شبکه ↓



شکل ۱۰ـ فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید و تبدیل آن به یون‌های گازی مجزا

$NaCl_{(s)} + Q_1 \longrightarrow Na^+_{(g)} + Cl^-_{(g)}$

$Al_2O_{۳(s)} + Q_۲ \longrightarrow ۲Al^{۳+}_{(g)} + ۳O^{۲-}_{(g)} \Rightarrow Q_۲ > Q_۱$

* در آنتالپی فرو پاشی هم الویت با بار می باشد

انرژی لازم برای فروپاشی شبکه یونی سدیم کلرید برابر با $۷۸۷\ kJmol^{-1}$ بوده و بیشتر از پتاسیم برمید ($۶۸۹\ kJmol^{-1}$) است، زیرا چگالی بار یون‌های سازندهٔ شبکه در سدیم کلرید به ترتیب بیشتر از یون‌های سازنده در پتاسیم برمید است. در شیمی می‌توان چنین مقایسه‌ای را با دو معادلهٔ واکنش به صورت زیر نمایش داد:

$$NaCl(s) + ۷۸۷\ kJ \rightarrow Na^+(g) + Cl^-(g)$$

$$KBr(s) + ۶۸۹\ kJ \rightarrow K^+(g) + Br^-(g)$$

گرمای مصرف شده در فشار ثابت برای واکنش‌هایی از این دست را آنتالپی فروپاشی شبکه می‌نامند و با $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$ نمایش می‌دهند. بنابراین:

$$\Delta H_{\text{فروپاشی}}(NaCl,s) = +۷۸۷\ kJ\ mol^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{فروپاشی}}(KBr,s) = +۶۸۹\ kJ\ mol^{-1}$$

خود را بیازمایید

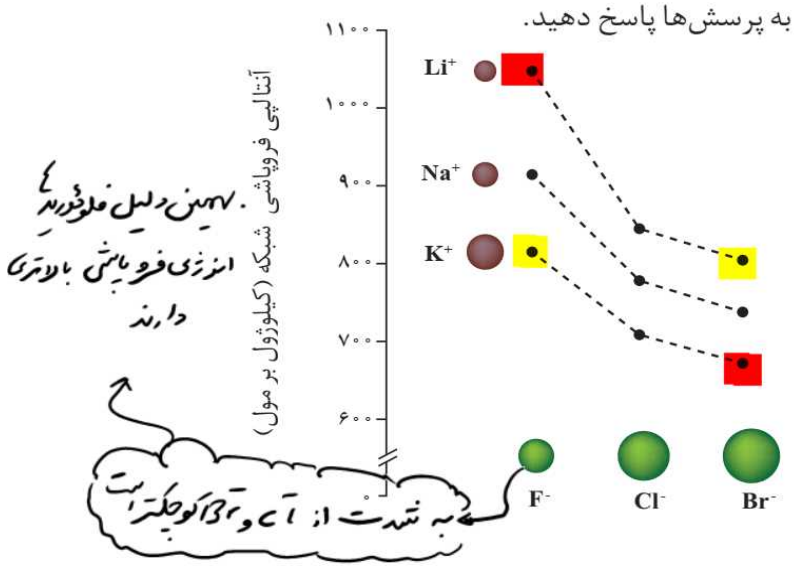
۱ـ در هر مورد با خط زدن واژه نادرست،هر یک از عبارت‌های زیر را کامل کنید:

آ) آنتالپی فروپاشی، گرمای آزاد/مصرف شده در فشار ثابت برای فروپاشی یک مول/گرم از شبکه یونی و تبدیل آن به اتم‌های/یون‌های گازی سازنده است.

ب) هر چه بار/چگالی بار یون‌های سازندهٔ یک جامد یونی کمتر باشد، شبکهٔ آن آسان‌تر/دشوارتر فروپاشیده می‌شود.

۲ـ با توجه به داده‌های متن درس پیش‌بینی کنید کدام آنتالپی فروپاشی شبکه را می‌توان به $KCl(s)$ نسبت داد؟ چرا؟ $۷۱۷\ kJmol^{-1}$، ۶۴۹ یا ۱۰۳۷

۳ـ با توجه به نمودار زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



* اختلاف آنتالپی فروپاشی فلوئورورهای عناصر گروه ۱، با کلریدها و برمیدها بیشتر است
* به اندازه اتم‌ها (۲) دقت کنید
* به فاصله نقطه‌ها دقت کنید
مثلاً آنتالپی فروپاشی
Max ← KBr یا LiF
Min ← KF یا LiBr

جامدهای یونی

۱) به جاذبه قوی بین یک کاتیون و آنیون پیوند یونی گفته می‌شود.

۲) برخلاف پیوند کووالانسی برای تشکیل پیوند یونی، بین دو عنصر الکترون مبادله می‌شود که اغلب در این مبادله یک فلز و یک نافلز حضور دارند.

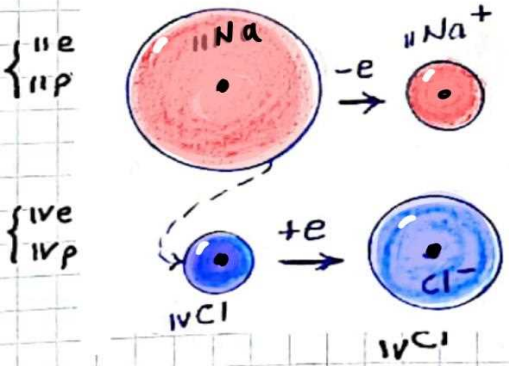
۳) عنصرهای مهمی مانند C، Si، B و Be علاقه‌ای به تشکیل پیوند یونی ندارند و یون‌های حاصل از این اتم‌ها ناپایدارند.

۴) Al با F و O پیوند یونی می‌دهد ولی با سایر نافلزها پیوند کووالانسی ایجاد می‌کند.

۵) نشانه‌های یونی بودن یک ماده:
- حضور فلز در کنار نافلز (اغلب)
- حضور یون آمونیوم NH_4^+ در ترکیب
- حضور یون‌های چند اتمی به همراه فلزها

۶) در برخی ترکیب‌های یونی مانند آمونیوم سولفات، هیچ گونه فلزی حضور ندارد.

۷) یکی از مهم‌ترین ترکیب‌های یونی ترکیب دوتایی سدیم کلرید NaCl است که به صورت زیر تولید می‌شود:



$_{11}Na : [Ne]3s^1 \xrightarrow{-e} {}_{11}Na^+ : [Ne]$

$_{17}Cl : [Ne]3s^2 3p^5 \xrightarrow{+e} {}_{17}Cl^- : [{}_{18}Ar]$

- سدیم فلزی نقره‌ای رنگ، نرم و بسیار فعال
- کلر گازی زرد رنگ و سمی
- از واکنش Na و Cl_2 که به همراه آزاد شدن گرما و نور است ← ترکیب سفید NaCl (نمک خوراکی) حاصل می‌شود.

اندازه گونه‌ها: $Na > Cl^- > Na^+ > Cl$

۸) اغلب پس از مبادله الکترون آنیون ها و کاتیون (فلزهای اصلی) به آرایش گاز نجیب می رسند.

- کاتیون به آرایش گاز نجیب ماقبل خود ← می رسند!
- آنیون به آرایش گاز نجیب هم دوره خود

۹) در برخی ترکیب های یونی کاتیون ها و آنیون ها هم الکترون اند یعنی به آرایش گاز نجیب و حری رسیده اند.

K_2S الکترون P $\nearrow K^+ \rightarrow Ar$ $\searrow S^{2-} \rightarrow Ar$ نیستند! $NaCl$ $\nearrow Na^+ \rightarrow Ne$ $\searrow Cl^- \rightarrow Ar$

۱۰) پس از مبادله الکترون، کاتیون ها و آنیون ها تحت جاذبه یونی کنار هم قرار می گیرند و شبکه بلور یونی تشکیل می دهند. شبکه ترکیب های یونی سه بعدی است.

۱۱) در شبکه بلور یونی بین یون های همنام دافعه و بین یون های ناهمنام جاذبه وجود دارد ولی در کل میزان جاذبه از دافعه بسیار بیشتر است.

۱۲) ترکیب های یونی به لحاظ ترمودینامیکی از عناصر سازنده خود پایدارترند.

۱۳) جاذبه محدود بین یون های مجاور نیست بلکه بین تمام یون های ناهمنام و در همه جهات وجود دارد.
از این رو جدا کردن یک جفت (از Na^+) در درون شبکه سخت از جدا کردن آنها بیرون شبکه است.

۱۴) ترکیب های یونی به لحاظ الکتریکی خنثی هستند $\sum$ بارمثبت = $\sum$ بارمنفی

۱۵) شکل بلورهای نمک های مختلف با هم تفاوت دارد و به الگوی چیده شدن یون های آنها بستگی دارد. نوع چیده شدن یون ها به اندازه نسبی یون ها (آنیون ها و کاتیون ها) وابسته می باشد.

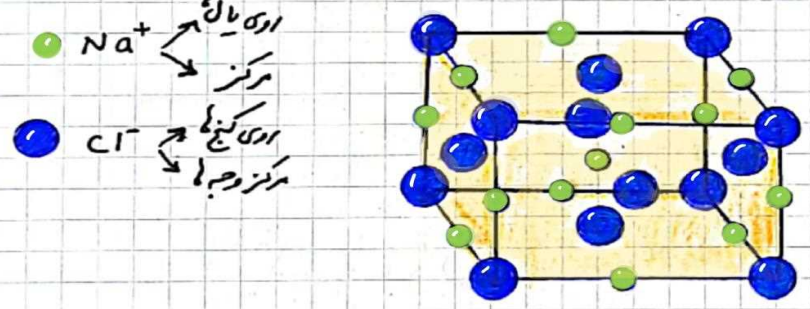
۱۶) تعداد کاتیون ها و آنیون ها در شبکه بلور الزاماً با هم برابر نیست. $NaCl$ $CaCl_2$

۱۷) در شبکه بلور واحد مجزا مانند مولکول وجود ندارد بلکه شبکه‌ای سه بعدی و بهم پیوسته از یون‌ها با الگوی تکرار شونده‌ای کنار هم قرار گرفته‌اند. در نتیجه ترکیب یونی فرمول مولکولی ندارند و فرمول آن‌ها صرفاً نوع یون‌ها را با ساده‌ترین نسبت نشان می‌دهد.

۱۸) عدد کوئوردیناسیون: به تعداد نزدیک‌ترین یون‌های ناهمنام اطراف هر یون در شبکهٔ بلور، عدد کوئوردیناسیون گفته می‌شود.

۱۹) عدد کوئوردیناسیون به تعداد آنیون و کاتیون و اندازهٔ نسبی آنیون و کاتیون بستگی دارد.

* در بلور مکعبی NaCl ← عدد کوئوردیناسیون: $\begin{cases} Na^+ = 6 \\ Cl^- = 6 \end{cases}$



۲۰) عدد کوئوردیناسیون آنیون با کاتیون می‌تواند برابر یا متفاوت باشد. در حالت کلی نسبت عدد کوئوردیناسیون آنیون به کاتیون برابر است با تعداد کاتیون به آنیون است.

* Mg_3N_2 (C.N: 6 6) $\frac{\text{تعداد کاتیون}}{\text{تعداد آنیون}} = \frac{3}{2} \longrightarrow \frac{C.N_{\text{آنیون}}}{C.N_{\text{کاتیون}}} = \frac{3}{2}$

عدد کوئوردیناسیون: $Mg^{2+} < N^{3-}$

MgF_2 (C.N: 4 2) $\frac{\text{تعداد کاتیون}}{\text{تعداد آنیون}} = \frac{1}{2} \longrightarrow \frac{C.N_{\text{آنیون}}}{C.N_{\text{کاتیون}}} = \frac{1}{2}$

عدد کوئوردیناسیون Mg^{2+} دو برابر عدد کوئوردیناسیون F^- است.

تغییر شعاع یون‌های یک دوره

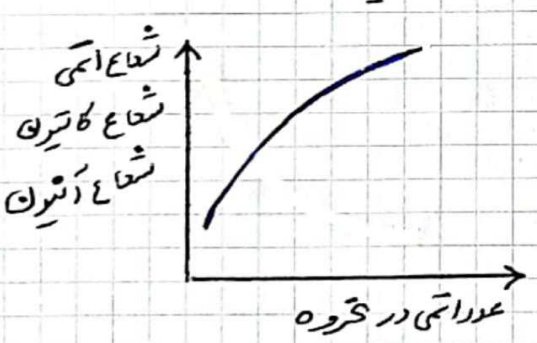
- آنیون‌های یک دوره از کاتیون‌های آن دوره بزرگ‌ترند.
- هرچه بار منفی آنیون بیشتر، شعاع آن یون بیشتر.
- هرچه بار مثبت کاتیون بیشتر، شعاع آن یون کوچک‌تر.
- یون‌هایی که هم الکترون (ایزوالکترون) هستند، یونی که عدد اتمی بزرگ‌تر دارد، کوچک‌تر است.

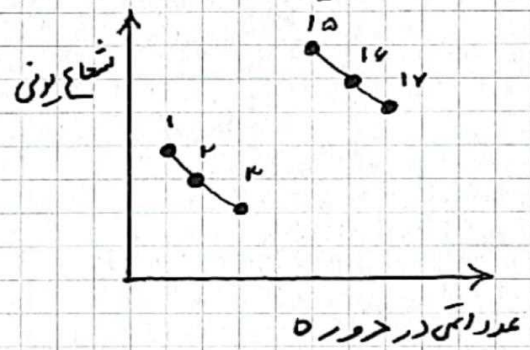
در ایزوالکترون‌ها ← * منفی‌تر آخر ← بزرگ‌تر! * مثبت‌تر آخر ← کوچک‌تر!

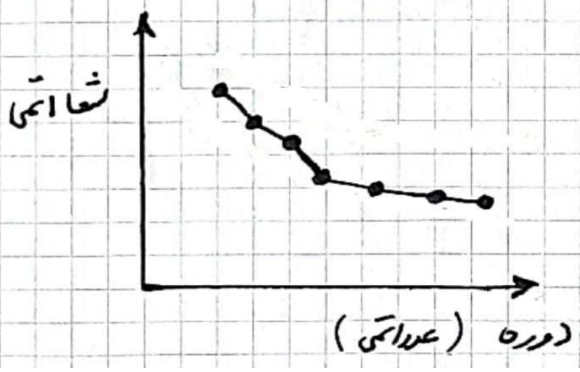
شعاع یون‌های دوره سوم: $Al^{3+} < Mg^{2+} < Na^{+} < Cl^{-} < S^{2-} < P^{3-}$

$Al^{3+} < Mg^{2+} < Na^{+}$: ۱۰ الکترونی شبیه $_{10}Ne$

$Cl^{-} < S^{2-} < P^{3-}$: ۱۸ الکترونی شبیه $_{18}Ar$







چگالی باریون ها

- به نسبت بار یون به حجم آن چگالی بار گفته می شود.
- هرچه چگالی بار یون بیشتر باشد، جاذبه یونی قوی تری می تواند با یون های دیگر ایجاد کند.

$$\text{چگالی بار} = \frac{\text{بار}}{\text{حجم}} \xrightarrow[\text{می کنیم}]{\text{ساده تر}} \text{چگالی بار} \propto \frac{\text{بار}}{\text{شعاع}}$$

- اگر یون ها را کروی فرض کنیم حجم آنها $V=\frac{4}{3}\pi r^3$ می باشد که در اغلب مقایسه ها این رابطه را ساده تر کرده و از نسبت $\frac{\text{بار}}{\text{شعاع}}$ استفاده می کنیم.
- چگالی بار با مقدار بار یون رابطه مستقیم و با شعاع یون رابطه عکس دارد.

* بار یون بیشتر ↑ ← چگالی بار ↑
* شعاع یون کمتر ↓ ← چگالی بار ↑

- چگالی بار یون های هم گروه از بالا به پایین کاهش می یابد؛

چگالی بار: $Li^+ > Na^+ > K^+ > Rb^+$

چگالی بار: $F^- > Cl^- > Br^- > I^-$

- در یون های هم الکترون، یونی که بار بیشتر دارد ← چگالی بار بیشتری دارد.

چگالی بار: $\begin{cases} Na^+ < Mg^{2+} \\ K^+ < Ca^{2+} \end{cases}$ ″ $\begin{cases} O^{2-} > F^- \\ P^{3-} > S^{2-} > Cl^- \end{cases}$ ″

- هرچه بار یون بیشتر ↑ ← چگالی بار بیشتر ↑

چگالی بار $\begin{cases} Fe^{2+} < Fe^{3+} \\ Cu^+ < Cu^{2+} \end{cases}$

آنتالپی فروپاشی شبکه بلور

✓ به مقدار گرمای مورد نیاز در فشار ثابت برای فروپاشی شبکه بلور یک مول جامد یونی و تبدیل آن به یون های گازی سازنده اش آنتالپی فروپاشی بلور گفته می شود.

✓ همواره فروپاشی شبکه بلور نیاز به گرما دارد و گرماگیر است. ($\Delta H_{\text{فروپاشی}} > 0$)

مثال: $NaCl_{(s)} + ۷۸۷\ KJ \longrightarrow Na^+_{(g)} + Cl^-_{(g)}$

$\Delta H_{\text{فروپاشی } NaCl} = +۷۸۷\ \ KJ \cdot mol^{-1}$

✓ آنتالپی فروپاشی شبکه برای ترکیب های یونی، متفاوت است. هرچه چگالی بار یون ها در ترکیب یونی بیشتر باشد، جاذبه بین آنها قوی تر بوده و مقدار انرژی بیشتری برای فروپاشی شبکه لازم است.

↑ چگالی بار ← ↑ جاذبهٔ یون ها قوی تر ← شبکه بلور محکم تر ← ↑ $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$

مثال:

چگالی بار: $F^- > Cl^- > Br^- > I^-$

چگالی بار: $Li^+ > Na^+ > K^+ > Rb^+$

$\Delta H_{\text{فروپاشی}}$: $MF > MCl > MBr > MI$ M: یکی از فلزهای قلیایی است

$\Delta H_{\text{فروپاشی}}$: $LiX > NaX > KX > RbX$ X: یکی از هالوژن هاست

✓ آنتالپی فروپاشی شبکه ΔH
- با بار یون ها رابطه مستقیم دارد.
- با شعاع رابطه عکس دارد.

* برای مقایسه آنتالپی فروپاشی شبکه دو ترکیب یونی، بار از شعاع مهمتر است و می‌توان از رابطه زیر برای مقایسه استفاده کرد:

بار آنیون × بار کاتیون × تعداد یون در فرمول

I * هرچه این حاصل ضرب بزرگتر باشد، $\Delta H_{\text{فروپاشی}}$ نمک شبکه پایدارتر است.

II * اگر این حاصل ضرب برای دو نمک برابر شد، با استفاده از مقایسه شعاع یون‌ها می‌توان آنتالپی فروپاشی دو نمک را مقایسه کرد. شعاع کاتیون با کاتیون و شعاع آنیون با آنیون را مقایسه می‌کنیم و هر نمکی که شعاع یون‌های کوچکتری داشت، ΔH فروپاشی آن بزرگتر است.

* مثال:

$\Delta H_{\text{فروپاشی}}$: $MgO > NaCl$

$\underbrace{۲\times۲\times۲}_{۸}$ $\quad$ $\underbrace{۲\times۱\times۱}_{۲}$

$\Delta H_{\text{فروپاشی}}$: $AlF_3 > MgO$

$\underbrace{۴\times۳\times۱}_{۱۲}$ $\quad$ $\underbrace{۲\times۲\times۲}_{۸}$

$\Delta H_{\text{فروپاشی}}$: $MgO > CaS$

$\underbrace{۲\times۲\times۲}_{۸}$ $\quad$ $\underbrace{۲\times۲\times۲}_{۸}$

شعاع $\begin{cases} Mg^{2+} < Ca^{2+} \\ O^{2-} < S^{2-} \end{cases} \Rightarrow$ بزرگتر شبکه و شعاع رابطه عکس دارند $\quad MgO > CaS$

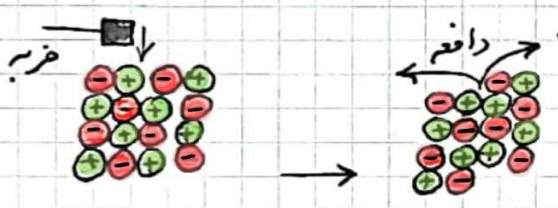
- تاثیر آنتالپی فرو پاشی شبکه بلور بر خواص ترکیبات یونی:

۱) انحلال ترکیب یونی که آنتالپی شبکه بزرگتری دارد ← دما زودتر بیشتری دارد.

۲) انحلال ترکیب یونی که آنتالپی شبکه کوچکتری دارد ← در آب محلول تر است.

۳) آنتالپی فرو پاشی شبکه بیشتر ← استحکام بلور هم بیشتر.

- ترکیبات یونی استحکام بالایی دارند ولی شکننده اند.



دافعه تولید شده ← در اثر ضربه، یون ها هم کنار هم قرار می گیرند ← باعث خرد شدن بلور می شود.

- ترکیبات یونی در حالت جامد نارسانای برق هستند. ← عدم امکان جابجایی یون ها

- ترکیبات یونی در حالت مذاب و محلول رسانای برق هستند ← امکان جابجایی یون ها

- هرچه { تعداد یون در فرمول. / تعداد یون در محلول. / بار یون } بیشتر باشد ← محلول رسانا تر است.

رسانایی محلول: CaF_2 (۰/۱ M) > NaF (۰/۱ M)

رسانایی محلول: $LiCl_{(aq)}$ (۰/۱ M) > $LiCl_{(aq)}$ (۰/۰۱ M) > $LiCl_{(s)}$

آ) با افزایش شعاع کاتیون فلزهای قلیایی، آنتالپی فروپاشی شبکه چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

ب) با افزایش شعاع آنیون هالید، آنتالپی فروپاشی شبکه چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

۴ـ با توجه به جدول زیر که آنتالپی فروپاشی شبکه را برای برخی ترکیب‌های یونی نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آنتالپی فروپاشی:
- $MgO > MgF_2$
- $Na_2O > NaF$
- $MgO > MgF_2 > Na_2O > NaF$

کاتیون \ آنیون	F^-	O^{2-}
Na^+	۹۲۶	۲۴۸۸
Mg^{2+}	۲۹۶۵	۳۷۹۸

آ) درباره درستی جمله زیر گفت‌وگو کنید.

«آنتالپی فروپاشی شبکه هم با بار الکتریکی کاتیون و هم با بار الکتریکی آنیون، رابطهٔ مستقیم دارد».

ب) آیا می‌توان میان آنتالپی فروپاشی شبکه و نقطه ذوب جامدهای یونی رابطه‌ای در نظر گرفت؟ توضیح دهید.

فلزها، عنصرهایی شکل‌پذیر با جلایی زیبا

ترکیبات فلزی

مواد از جمله فلزها همواره برای زندگی انسان و ادامهٔ آن ضروری و ارزشمند بوده‌اند به‌طوری که تمدن‌های آغازی نیز براساس گسترهٔ کاربری آنها نام‌گذاری شده‌اند. پس از دورهٔ سنگی، در دورهٔ برنز و سپس آهن، جوامع دچار دگرگونی و رشد چشمگیری شدند و این خود نشان از جایگاه برجستهٔ فلزها در تمدن بشری دارد. این عنصرها هنوز هم کلید رشد، گسترش و ارتقای کیفیت زندگی به شمار می‌روند، آن‌چنان که بسیاری باور دارند پایداری جامعه پیشرفته با فناوری کارآمد به گستردگی استفاده از عنصرهای فلزی وابسته است.

آهن ← برنز ← سنگی: ترتیب دوره‌ای

می‌دانید که فلزها بخش عمده عنصرهای جدول دوره‌ای را تشکیل می‌دهند، عنصرهایی که در هر چهار دستهٔ s، p، d و f جای داشته اما رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متنوعی دارند.

① داشتن جلا، ② رسانایی الکتریکی، ③ رسانایی گرمایی و ④ شکل‌پذیری از جمله رفتارهای فیزیکی فلزها بوده در حالی که ① واکنش‌پذیری و ② تنوع اعداد اکسایش از جمله رفتارهای شیمیایی آنهاست.

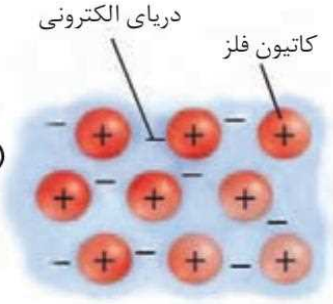
به نظر شما این رفتارها از چه ساختاری سرچشمه می‌گیرند؟ شبکه بلوری فلزها با ساختار مواد کووالانسی، مولکولی و یونی چه تفاوت هایی دارد؟

نقطهٔ ذوب برخی جامدهای یونی (جهت مطالعهٔ بیشتر):

Na_2O: ۱۱۳۲°C , MgO: ۲۸۵۲°C , MgF_2: ۱۲۶۳°C , NaCl: ۸۰۱°C , NaF: ۹۹۳°C

دریای الکترونی در فلزات خواصی مانند چکش خواری، رسانایی الکتریکی را توجیه می‌کند ولی واکنش پذیری یا تنوع عدد اکسایش را نمی‌تواند توجیه کند

با هم بیندیشیم



۱ـ این شکل یک الگوی ساده از شبکهٔ بلوری فلزها را نشان می‌دهد که برای توجیه برخی رفتارهای فیزیکی آنها ارائه شده و به **مدل دریای الکترونی**[1] معروف است.

براساس این مدل، ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد است که در فضای میان آنها سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم، دریایی را ساخته‌اند و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند. با این توصیف به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

فقط e جابه‌جا می‌شود کاتیون‌ها جابه‌جا نمی‌شوند

آ) پیش‌بینی کنید کدام الکترون‌ها (درونی ـ ظرفیت)، دریای الکترونی را می‌سازند؟ چرا؟

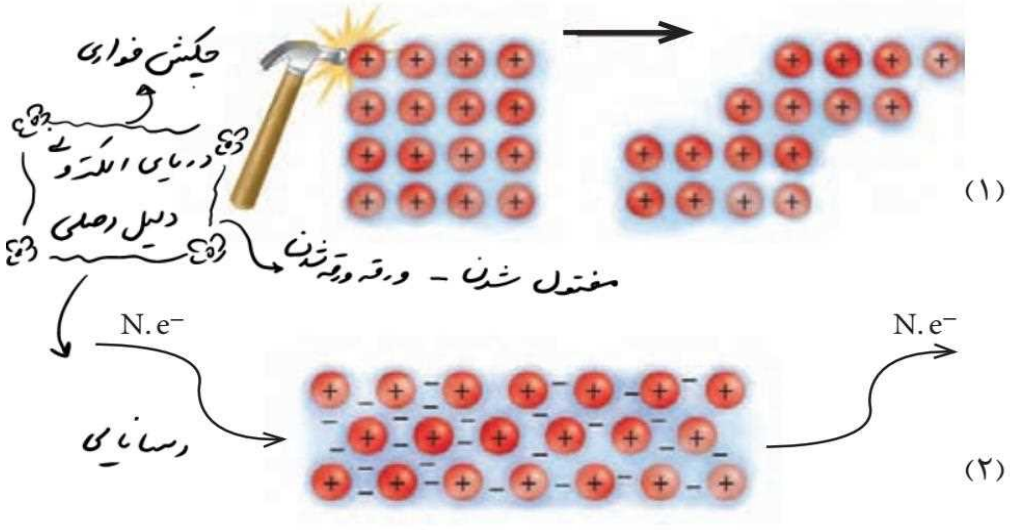
ب) کدام ویژگی دریای الکترونی سبب می‌شود که هر الکترون موجود در آن را نتوان تنها متعلق به یک اتم معین دانست؟

پ) دربارهٔ درستی جملهٔ زیر با یکدیگر گفت‌وگو کنید.

«دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکه بلوری فلز حفظ می‌کند.»

دریای الکترون مانع دافعه کاتیون‌ها می‌شود!!!

۲ـ با توجه به شکل‌های داده شده به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) هر یک از شکل‌ها نشان‌دهندهٔ کدام رفتار فیزیکی فلز است؟

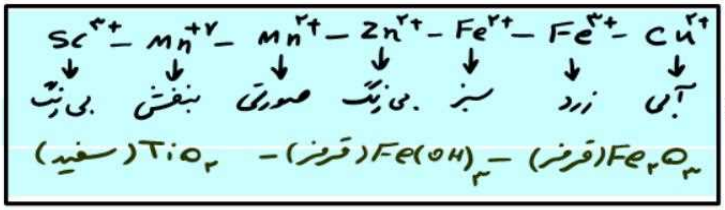
ب) رفتار فلز را در هر یک از این دو شکل با توجه به الگوی دریای الکترونی توجیه کنید.

* در صورت برخورد ضربه به فلز و جابه‌جایی کاتیون‌ها، دریای الکترونی پیوستگی خود را حفظ می‌کند و شبکه بلور دچار ترک خوردگی و شکستگی نمی‌شود. قابلیت مغتول شدن و ورقه ورقه شدن نیز به همین دلیل است.
* فلزها قادر به عبور جریان برق هستند و این به دلیل حرکت آزادانه e‌ها است و می‌توانند همان تعداد e که وارد می‌شود همان تعداد e خارج می‌شود.

آیا می‌دانید

یکی از رفتارهای فیزیکی آشکار فلزها، جلای آنها بوده که به بازتاب نور از سطح آنها وابسته است. سطح فلزها نور را همانند یک آینه به‌طور مستقیم بازتاب می‌کند از این رو جلای ویژه‌ای دارند اما موادی که مات دیده می‌شوند نور بازتاب شده از سطح آنها در همهٔ جهت‌ها پخش می‌شود.

* در ترکیب کووالانسی ← شبکه غول آسا از اتم ← سختی زیاد ـ دمای ذوب بالا
* در ترکیب مولکولی ← مولکول‌های مجزا ← دمای ذوب پائین
* در ترکیب یونی ← شبکه‌ای از یون‌های ⊕ و ⊖ ← آنتالپی فروپاشی ـ چکالی بار و...
* در ترکیب فلزی ← دریایی از الکترون‌ها و کاتیون‌های ثابت ← دریای الکترون و رسانایی



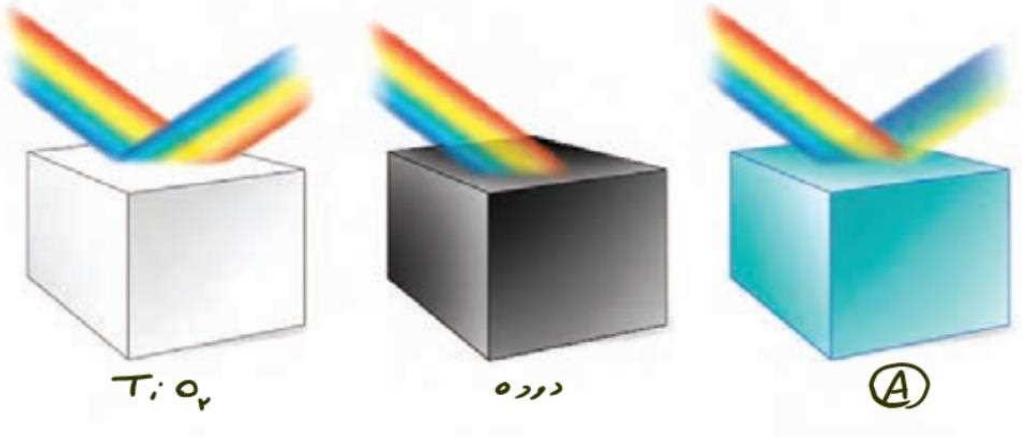
پیوند با زندگی

«رنگ، نماد زیبایی»

طبیعت زیستگاهی برای ما و آزمایشگاهی بزرگ برای علوم‌تجربی است که در آن رنگ و رنگ‌آمیزی یکی از خوشایندترین جلوه‌ها است و به انسان لذتی همراه با آرامش می‌بخشد. آیا می‌دانید چرا پوشش بهاری به رنگ سبز، ابرها به رنگ سفید و گل رُز به رنگ سرخ دیده می‌شود؟ آیا می‌دانید چرا محلول ترکیب‌های برخی فلزهای واسطه به رنگ‌های گوناگون دیده می‌شوند؟

به‌طور کلی احساس و درک رنگ به دلیل نورهایی است که از محیط پیرامون به چشم ما می‌رسد، در واقع این نورها همان پرتوهای الکترومغناطیسی بوده که طول موج آنها در گسترهٔ ۴۰۰nm تا ۷۰۰nm است و چشم ما آنها را می‌بیند.

از این رو اگر در محیطی نور مرئی نباشد، انسان نمی‌تواند پیرامون خود را ببیند. شکل ۱۱، نشان می‌دهد که مواد رنگی بخشی از نور سفید تابیده شده را جذب و باقی‌ماندهٔ آن را عبور می‌دهند یا بازتاب می‌کنند.

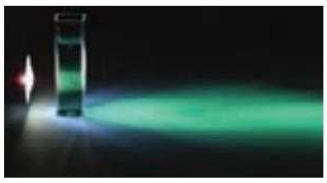


شکل ۱۱ـ تابیدن نور و دیدن مواد رنگی

بر اساس شکل ۱۱، اگر یک نمونه ماده همهٔ طول موج‌های مرئی را بازتاب کند، به رنگ سفید و اگر همهٔ آنها را جذب کند، به رنگ سیاه دیده می‌شود، همچنین چشم ما مواد رنگی را با طول موج‌های عبوری یا بازتاب شده از آنها می‌بیند. اینک می‌پرسید که مواد رنگی چه ساختاری دارند؟ سازندهٔ اصلی یک ماده رنگی که به آن رنگ می‌بخشد، **رنگ دانه**[1] نام دارد، برای نمونه TiO_2، Fe_2O_3 و دوده از جمله رنگ دانه‌های معدنی هستند که به ترتیب رنگ‌های سفید، قرمز و سیاه ایجاد می‌کنند. در گذشته انسان، این مواد رنگی را از منابع طبیعی همچون گیاهان، جانوران و برخی کانی‌ها تهیه می‌کرد.

آیا می‌دانید

هرگاه نور سفید را به محلولی حاوی یون نیکل (Ni^{2+}) بتابانیم، نوری که از آن عبور می‌کند به رنگ سبز است.



یون نیکل برخی از پرتوهای ناحیه مرئی را جذب می‌کند و ترکیب پرتوهای عبور کرده با همدیگر نور سبز را می‌سازد.

آیا می‌دانید

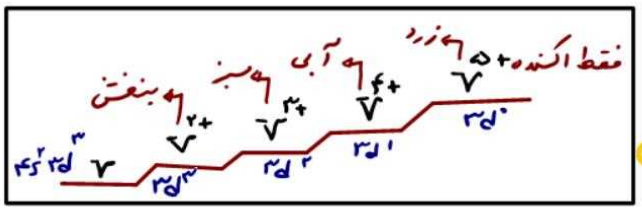
سبز، آبی و قرمز سه نور اصلی هستند. هنگامی که دو تا از آنها مخلوط شوند نورهای فرعی زرد، فیروزه‌ای و ارغوانی پدید می‌آید. از مخلوط هر سه، تنها نور سفید پدید می‌آید.

آیا می‌دانید

رنگدانه‌های آلی گستره وسیعی دارند به‌طوری‌که شمار آنها بسیار زیاد و متنوع است. از این مواد در غذا، نساجی و... استفاده می‌شود.

امروزه پیشرفت و گسترش تولید فراورده‌های صنعتی آن چنان سریع و چشمگیر است که این فراورده‌ها در رقابتی اقتصادی افزون بر جنبه‌های کمّی و کیفی از دیدگاه زیباشناختی، باید رنگ و رنگ‌آمیزی مناسب و جذابی نیز داشته باشند. چنین اهمیتی باعث تولیدرنگ‌های ساختگی گوناگونی شده است. رنگ‌هایی که در صنایع غذایی، نساجی، ساختمانی و... به‌کار می‌روند.

توجه کنید **رنگ**[1] هایی که برای پوشش سطح استفاده می‌شوند، نوعی کلویید هستند که لایهٔ نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون بر زیبایی، مانع خوردگی در برابر اکسیژن، رطوبت و مواد شیمیایی گردد.



خود را بیازمایید

شکل زیر پیشرفت واکنش فلز روی با محلول نمکی از وانادیم (V) را نشان می‌دهد.

محلولی از نمک وانادیم (II) — محلولی از نمک وانادیم (III) — محلولی از نمک وانادیم (IV) — محلولی از نمک وانادیم (V)

با توجه به شکل به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

آ) آرایش الکترونی اتم وانادیم ($_{23}V$) را بنویسید.

ب) آرایش الکترونی وانادیم را در حالت‌های اکسایش (II) و (III) بنویسید.

پ) توضیح دهید چرا در هر مرحله رنگ محلول متفاوت از دیگری است؟

ت) در این واکنش، وانادیم (V) کدام نقش را دارد (اکسنده یا کاهنده)؟ چرا؟

محلول نمک وانادیم (II) $\xrightarrow{+Zn}$ محلول نمک وانادیم (III) $\xrightarrow{+Zn}$ محلول نمک وانادیم (IV) $\xrightarrow{+Zn}$ محلول نمک وانادیم (V)

بنفش رنگ — سبز رنگ — آبی رنگ — زرد رنگ

تیتانیم، فلزی فراتر از انتظار

فلزها افزون بر رفتارهای مشابه، تفاوت‌های آشکاری در برخی رفتارها نشان می‌دهند، در واقع هر فلز افزون بر رفتارهای مشترک، رفتارهای ویژهٔ خود را نیز دارد.

برای نمونه فلزهای دسته d همانند فلزهای دسته s و p، دارای ویژگی‌هایی مانند جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و نیز شکل‌پذیری هستند، اما در ویژگی‌هایی مانند سختی، نقطه ذوب و تنوع اعداد اکسایش با آنها تفاوت دارند.

در میان عنصرهای دسته d از دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای، تیتانیم ($_{22}Ti$) با ویژگی‌های باورنکردنی، فلزی فراتر از انتظار است. ماندگاری و استحکام مناسب از جملهٔ این ویژگی‌هاست.

با هم بیندیشیم

جدول زیر برخی ویژگی‌های تیتانیم را در مقایسه با فولاد زنگ نزن نشان می‌دهد. با توجه به جدول به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

ویژگی / ماده	تیتانیم	فولاد
نقطه ذوب ($^\circ C$)	۱۶۶۷	۱۵۳۵
چگالی ($g\,mL^{-1}$)	۴/۵۱	۷/۹۰
واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا	ناچیز	متوسط
مقاومت در برابر خوردگی	عالی	ضعیف
مقاومت در برابر سایش	عالی	عالی

آ) هنگامی که موتور جت کار می‌کند همه اجزای سازنده (ثابت و متحرک) دمای بالایی دارند. تیتانیم بر اساس کدام ویژگی‌ها برای ساخت این موتور به کار رفته است؟ توضیح دهید.

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

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

آیا می‌دانید

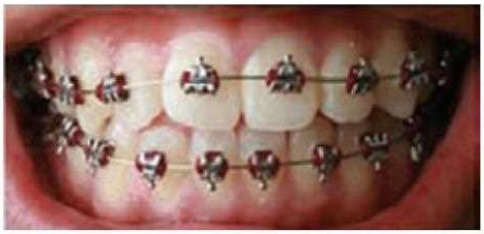
تیتانیم، نهمین عنصر فراوان در پوستهٔ جامد زمین است. این عنصر در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی‌شود و از جمله کانی‌های آن TiO_2 و $FeTiO_3$ است.

از آنجا که تهیه فلز تیتانیم خالص، گران و دشوار است، اغلب از TiO_2 در صنایع اولیه استفاده می‌شود. ترکیبی که پایدار، غیر سمی و منعکس‌کننده مناسبی برای پرتوهای فرابنفش خورشید است. از این رنگ سفید در کرم‌های ضدآفتاب و صنایع کاغذ استفاده می‌شود.

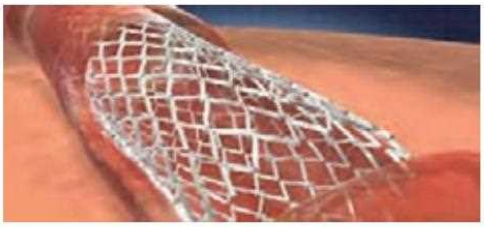
نمایی از موتور جت

موزه گوگنهایم در اسپانیا

تیتانیم افزون بر ویژگی‌های یادشده به شکل آلیاژهای گوناگون نیز کاربرد گسترده‌ای در صنعت یافته است. برای نمونه **نیتینول**[1] آلیاژی از نیکل و تیتانیم بوده که به آلیاژ هوشمند معروف است. این آلیاژ در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی به‌کار می‌رود (شکل ۱۲).



(آ)



(ب)

(پ)

آ) سازه فلزی در ارتودنسی ب) استنت برای رگ‌ها پ) قاب عینک

شکل ۱۲ـ برخی کاربردهای تیتانیم

ویژگی	جامد کووالانسی	جامد مولکولی	جامد یونی	جامد فلزی
ذره‌های سازندهٔ بلور	شبکهٔ غول‌آسا از اتم‌ها	مولکول‌های مجزا	شبکه‌ای از کاتیون‌ها و آنیون‌ها	کاتیون‌ها در دریای الکترونی
سختی و شکنندگی	بسیار سخت و شکننده (گرافیت نرم است)	معمولاً نرم (برخی مانندیخ سخت)	سخت و شکننده	اغلب سخت (جیوه و فلزات گروه اول جدول، نرم هستند)
نقطهٔ ذوب نسبی	بسیار بالا	پایین	بالا	اغلب متوسط و بالا
رسانایی الکتریکی	اغلب نارسانا (گرافیت رسانا و سیلیسیم نیمه رسانا)	نارسانا	نارسانا (در حالت محلول و مذاب رسانا)	در حالت جامد و مذاب، رسانا
مثال	الماس،گرافیت سیلیس	یخ خشک، کلروفرم، اتانول، ید	نمک خوراکی، سدیم سیلیکات، زنگ آهن	فلزها و آلیاژ آنها (مانند نیتینول)

تست۱۱ : تعیین کنید چه تعداد ازموارد زیر ، ترکیب یونی به شمار می آیند؟

۱ $MgF_{۲(s)}$ ۲ $HCN_{(g)}$ ۳ $Na_۲CO_{۳(s)}$ ۴ $Si_{(s)}$

۵ $Al_۲O_{۳(s)}$ ۶ $CO_{۲(s)}$ ۷ $SiO_{۲(s)}$ ۸ $C_۲H_۵OH_{(l)}$

۹ $BeF_{۲(s)}$ ۱۰ $NH_۴NO_{۳(s)}$ ۱۱ $FeSO_{۴(s)}$ ۱۲ $CH_۳OCH_{۳(g)}$

۱ ۵ ۲ ۶ ۳ ۷ ۴ ۸

تست۱۲ : تعیین کنید چه تعداد از موارد زیر، معادله فروپاشی شبکه بلور جامد یونی را به درستی نشان می دهد؟

۱- $KBr(s)+Q \longrightarrow K^+(s)+Br^-(s)$

۲- $LiF(s) \longrightarrow Li^+(g)+F^-(g)+Q$

۳- $MgO(s)+Q \longrightarrow Mg^{۲+}(g)+\frac{۱}{۲}O_۲(g)$

۴- $CaCl_۲(s)+Q \longrightarrow Ca^{۲+}(g)+۲Cl^-(g)$

۵- $Na_۳N(s)+Q \longrightarrow ۳Na^+(g)+N^{۳-}(g)$

۱ ۱ ۲ ۲ ۳ ۳ ۴ ۴

تمرین۱۳ : در هر مورد با انتخاب واژه مناسب ،عبارت های زیر را کامل کنید.

۱ آنتالپی فروپاشی، گرمای $\frac{\text{آزاد}}{\text{مصرف}}$ شده در $\frac{\text{فشار ثابت}}{\text{دمای ثابت}}$ برای فروپاشی یک $\frac{\text{مول}}{\text{گرم}}$ از شبکه یونی و تبدیل آن به $\frac{\text{اتم‌های}}{\text{یون‌های}}$ گازی سازنده است.

۲ در شبکه بلوری یک جامد یونی، نیروهای $\frac{\text{جاذبه}}{\text{جاذبه و دافعه}}$ از $\frac{\text{همه}}{\text{برخی}}$ جهت‌ها و میان $\frac{\text{همه}}{\text{شمار معینی از}}$ یون‌ها و در $\frac{\text{فواصل گوناگون}}{\text{فواصل مشخص}}$ وارد می‌شود، و نیروهای جاذبه میان یون‌های ناهمنام بر نیروهای دافعه میان یون‌های همنام غلبه $\frac{\text{دارد}}{\text{ندارد}}$.

تست۱۴ : تعیین کنید چه تعداد از مقایسه های زیر به درستی انجام شده است؟

۱- شعاع اتمی: $O>F$

۲- شعاع یونی: $F^- < O^{۲-}$

۳- شعاع اتمی: $K>Na>Li$

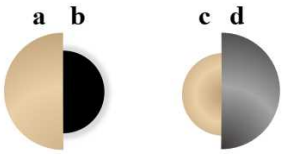
۴- شعاع یونی: $K^+>Na^+>Li^+$

۵- شعاع یونی: $Br^-<Cl^-<F^-$

۶- شعاع یونی: $Na^+>Mg^{۲+}$

۱ ۲ ۲ ۳ ۳ ۴ ۴ ۵

تست۱۵ : باتوجه به شکل های زیر که نسبت شعاع یونی و اتمی دو عنصر شیمیایی را نشان می دهد ، کدام موارد از مطالب زیر درست اند؟ **(ریاضی خارج ۱۴۰۰)**



آ) a می‌تواند نشان‌دهندهٔ اتم یک فلز و b یون پایدار آن باشد.
ب) a و c نمی‌توانند اتم دو عنصر در یک دورهٔ جدول تناوبی باشند.
پ) d می‌تواند نشان‌دهندهٔ اتم یک نافلز و c اندازهٔ یون پایدار آن باشد.
ت) امکان تشکیل ترکیب یونی با فرمول ac، از واکنش a با c وجود دارد.

۱) آ، ت ۲) آ، ب، ت ۳) ب، پ ۴) ب، پ، ت

تست۱۶ : باتوجه به جدول زیر، که بخشی از جدول تناوبی را نشان مس دهد، چند مورد از مطالب زیر درست اند؟

گروه / دوره	گروه اول	گروه دوم
دوره دوم	A	B
دوره سوم	C	D

* در میان یون‌های پایدار اتم‌های جدول داده شده، بیشترین چگالی بار یون، متعلق به عنصر B است.
* در میان یون‌های پایدار اتم‌های جدول، کمترین چگالی بار یون، متعلق به عنصر A است.
* شعاع یون پایدار اتم D از شعاع یون پایدار اتم C کمتر است.
* شعاع یون پایدار اتم A از شعاع یون پایدار اتم C کمتر است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست۱۷ : باتوجه به جدول زیر، که بخشی از جدول تناوبی را نشان مس دهد، چند مورد از مطالب زیر نادرست اند؟

گروه / دوره	گروه۱	گروه۲		گروه ۱۶	گروه ۱۷
تناوب دوم	A	B		X	Y
تناوب سوم	C	D		Z	T

* در میان نمک‌های حاصل از یون‌های پایدار اتم‌های جدول، AY بیشترین آنتالپی فروپاشی شبکه بلور را دارد.
* چگالی بار یون پایدار اتم D ، از چگالی بار یون پایدار اتم A بیشتر است.
* شعاع یون پایدار اتم Z از شعاع یون پایدار اتم D کوچک‌تر است.
* شعاع یون پایدار اتم T از شعاع یون پایدار اتم Z کوچک‌تر است.
* شعاع یون پایدار اتم X از شعاع یون پایدار اتم T بزرگ‌تر است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست۱۸ : باتوجه به آنتالپی فروپاشی شبکه بلوری داده شده، پیش بینی کنید آنتالپی فروپاشی شبکه بلور KCl کدام می تواند باشد؟

I) ΔH فروپاشی $(NaCl,s) = +۷۸۷ KJ.mol^{-۱}$

II) ΔH فروپاشی $(KBr,s) = +۶۸۹ KJ.mol^{-۱}$

۱) $-۷۱۷ KJ.mol^{-۱}$ ۲) $+۱۰۳۷ KJ.mol^{-۱}$ ۳) $+۷۱۷ KJ.mol^{-۱}$ ۴) $-۱۰۳۷ KJ.mol^{-۱}$

تمرین ۱۹ : باقرار دادن علامت (< یا >) آنتالپی شبکه بلور را در هرجفت از نمک های زیر مقایسه کنید.

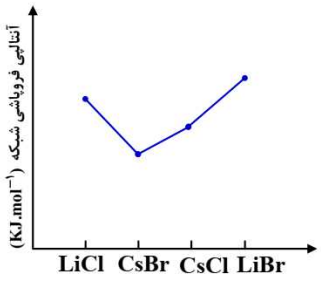
۱ KF ☐ KCl ۲ MgO ☐ CaO ۳ NaCl ☐ KCl

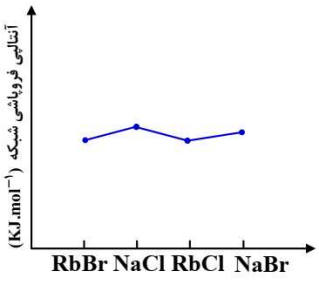
۴ MgO ☐ MgF_2 ۵ Al_2O_3 ☐ AlF_3 ۶ Na_2O ☐ NaF

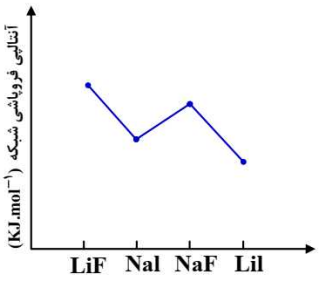
۷ MgO ☐ Al_2O_3 ۸ NaBr ☐ LiCl ۹ MgF_2 ☐ Na_2O

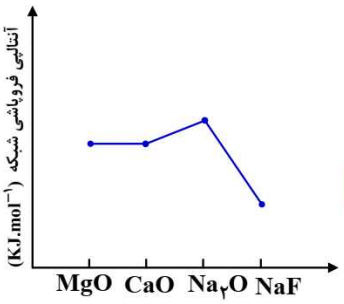
۱۰ AlF_3 ☐ MgO ۱۱ $MgSO_3$ ☐ $MgSO_4$ ۱۲ $NaNO_3$ ☐ $NaNO_2$

تست۲۰ : روند تقریبی آنتالپی فرو پاشی شبکه بلور نمک های داده شده ، به کدام صورت است؟

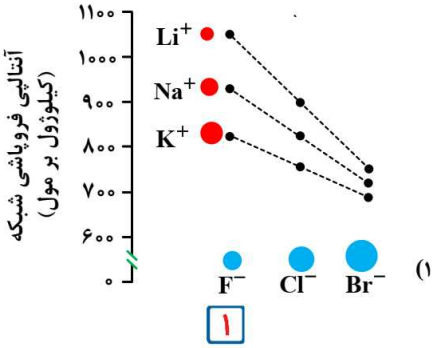
۱


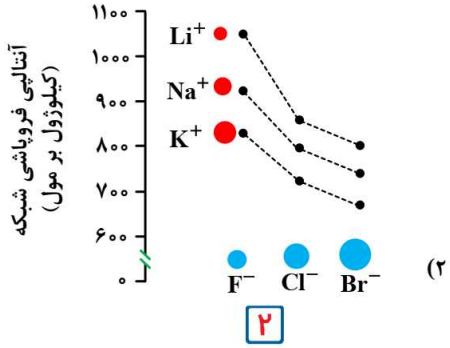
۲


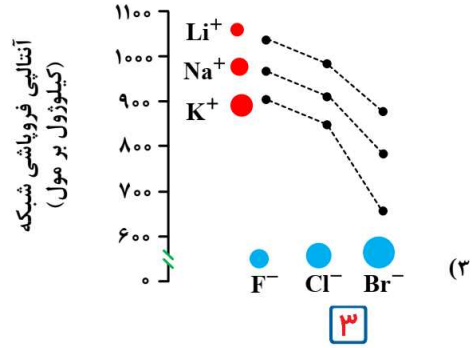
۳


۴


تست۲۱ : کدام نمودار، آنتالپی فروپاشی شبکه هالید های فلزات قلیایی برحسب عدداتمی را به درستی نشان می دهد؟

۱


۲


۳


تمرین‌های دوره‌ای

۱ـ با توجه به ۳۶ عنصر نخست جدول دوره‌ای عنصرها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ) عنصرهای کدام گروه‌ها جزو مواد مولکولی هستند؟

ب) عنصرهای کدام گروه جزو مواد کووالانسی هستند؟

پ) عنصرهای کدام دسته (s، p یا d) همگی فلزند؟

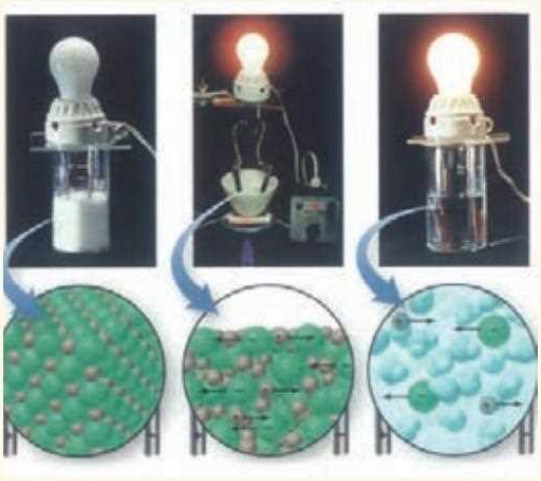
۲ـ سیلیسیم کربید (SiC) یک ساینده‌ٔ ارزان است که در تهیهٔ سنباده به‌کار می‌رود.

آ) این ماده را در کدام دسته از مواد جای می‌دهید؟ چرا؟

ب) سختی آن را در مقایسه با الماس و سیلیسیم پیش‌بینی کنید.

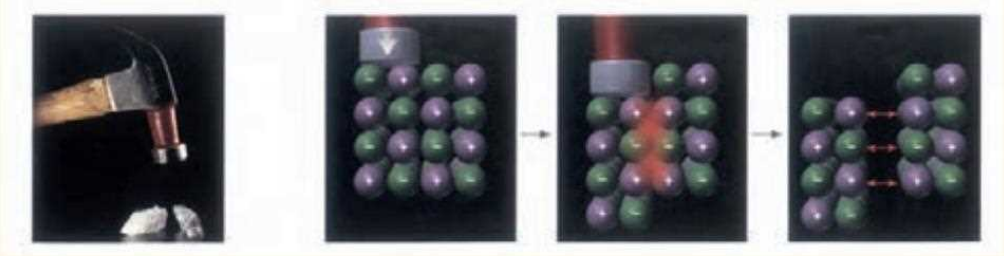
۲ C Si
طول: C-C < C-Si < Si-Si
انرژی: C-C > C-Si > Si-Si
سختی: الماس > SiC > Si

۳ـ هر یک از شکل‌های زیر رفتاری از مواد یونی را نشان می‌دهد. در هر مورد آن رفتار را با دلیل توصیف کنید.



آ)

* مواد یونی در حالت جامد رسانای جریان برق نیستند امّا در حالت مذاب یا تغییر ماهیت (تجزیه می‌شوند) و جریان برق را عبور می‌دهند. و در حالت محلول هم رسانا هستند.
* در ترکیبات یونی به هنگام ضربه بعلت جابه‌جا شدن یون‌ها و ایجاد دافعه شکنندگی ایجاد می‌شود.



ب)

۴ـ برای هر یک از جمله‌های زیر دلیل بنویسید.

آ) تنوع و شمار مواد مولکولی بیشتر از مواد کووالانسی است.

ب) ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق به حالت مایع هستند، جزو مواد مولکولی به شمار می‌روند.

پ) ترتیب واکنش‌پذیری فلزهای پتاسیم، کلسیم و تیتانیم به صورت $_{19}K > {}_{20}Ca > {}_{22}Ti$ است.

۵ـ سیلیسیم، فسفر و گوگرد از جمله عنصرهای اکسیژن‌دوست هستند به طوری که در طبیعت به شکل نمک‌های اکسیژن‌دار یافت می‌شوند. با توجه به ساختار لوویس آنیون‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

یون سیلیکات | یون فسفات | یون سولفات

آ) هریک از ساختارهای لوویس را با جفت نقطه‌ها کامل کرده سپس بار الکتریکی هر آنیون را مشخص کنید.

ب) فرمول شیمیایی نمک حاصل از این آنیون‌ها را با یون سدیم سپس یون کلسیم بنویسید.

۶ـ نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی پروپان و دی‌متیل‌اتر با جرم مولی نزدیک به هم به صورت زیر است. با توجه به آنها به پرسش‌ها پاسخ دهید.

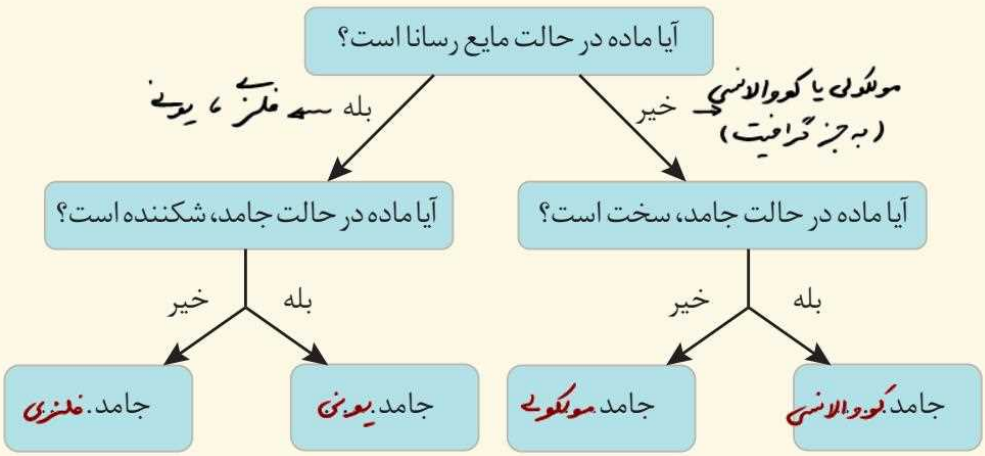
پروپان

دی متیل اتر

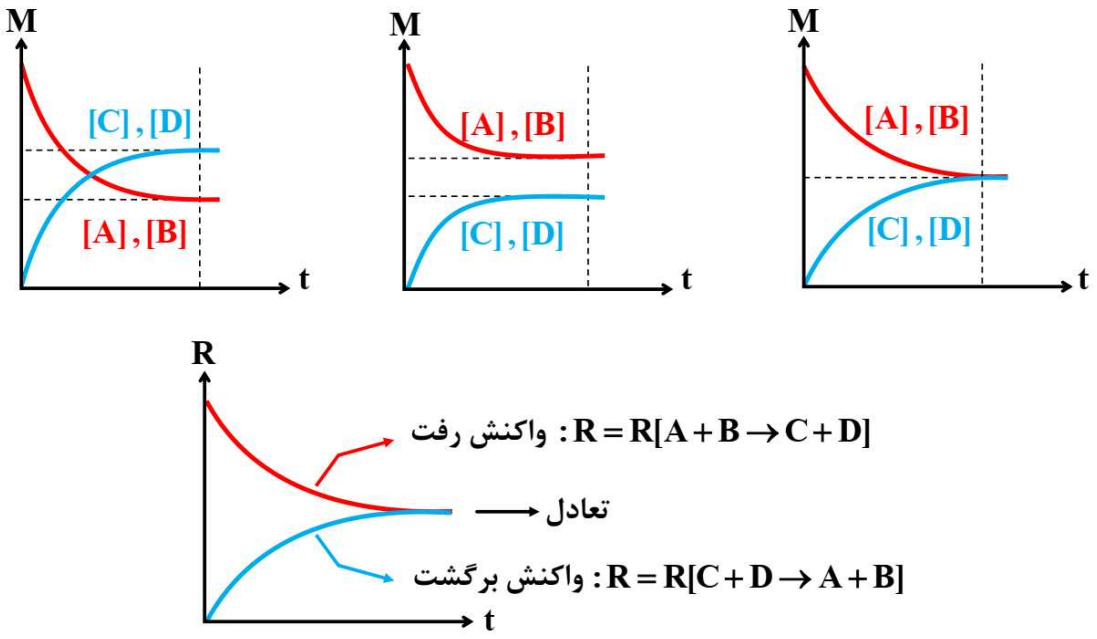
آ) کدام یک در میدان الکتریکی جهت‌گیری نمی‌کند؟ چرا؟

ب) توضیح دهید کدام یک از این دو مادهٔ گازی‌شکل، آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود؟

۷ـ گروهی از دانش‌آموزان همهٔ مواد خالص را براساس رفتار آنها مطابق نمودار زیر دسته‌بندی کرده‌اند. با پر کردن جاهای خالی، نمونه‌ای برای هر جامد مثال بزنید.



فصل ۴ شیمی، راهی به‌سوی آینده‌ای روشن‌تر



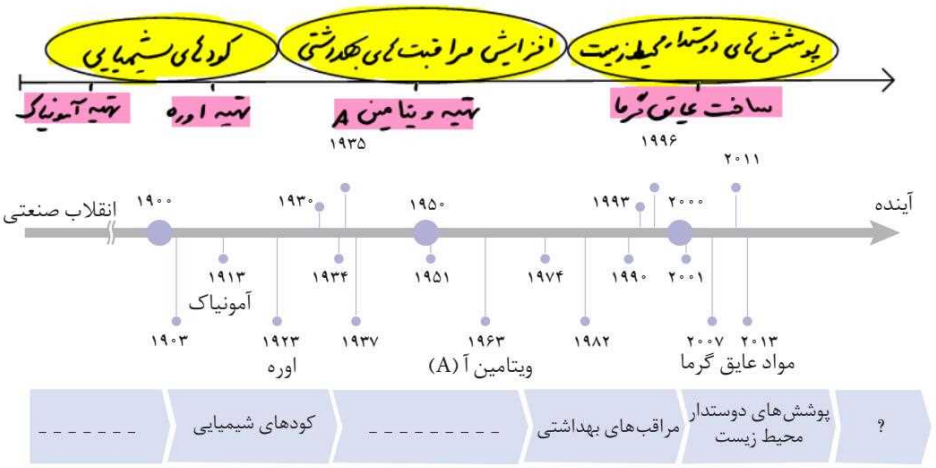
رشد و پیشرفت هر جامعه تنها در سایه تلاش هدفمند و آگاهانه افراد خبره ، کاردان و ورزیده دست‌یافتنی است. در واقع برای بالا رفتن از نردبان پیشرفت، افزون بر انگیزه باید نخست تکیه‌گاه مناسبی برای آن یافت. این تکیه‌گاه دانش، توانایی، مهارت و زیرساخت‌های لازم است. با تأمین این شرایط برای دستیابی به هدفی معین، تلاش و پشتکار شرط کافی خواهد بود. آنچنان که تداوم و خستگی‌ناپذیری در این راه پیامدهایی فراتر از انتظار توأم با کسب افتخار به دنبال خواهد داشت. از جمله پیامدهای رشد و پیشرفت جامعه می‌توان دسترسی آسان و ارزان‌تر به فناوری نو را نام برد. بهره‌گیری از مبدل کاتالیستی در خودرو و کود شیمیایی سبز و همچنین تبدیل مواد شیمیایی خام به مواد ارزشمند از جمله فناوری‌هایی به شمار می‌رود که در آنها دانش شیمی همراه با انگیزه و تلاش راهی را به سوی آینده‌ای روشن‌تر رقم می‌زند.

یکی از ویژگی‌های ذاتی انسان، کنجکاوی و پرسشگری اوست. از این‌رو، پیوسته در پی شناخت محیط پیرامون خود است. او همواره برای زندگی و ادامه آن با چالش‌ها و مشکلات گوناگونی روبه‌رو بوده است اما با بهره‌گیری از هوش، خرد و الهام از طبیعت توانسته برای هر پرسش در ذهن خود پاسخی بیابد. انسان همچنین برای حل مسئله در هر زمان و مکان، راهکاری عملی یافته است. هرچند که برخی پاسخ‌های ارائه شده و راهکارهای استفاده شده، ساده و برخی دیگر پیچیده‌اند، اما هر یک از آنها در جای خود نوآورانه و کارآمد بوده‌اند.

مجموعه چنین تلاش‌هایی در گذر زمان منجر به تولید و انباشت دانش و فناوری شده است. یکی از آنها، دانش شیمی و فناوری‌های آن است که نقش پررنگی برای گذر از تنگناها و رسیدن به زندگی مدرن امروزی داشته است. شکل ۱ برخی از دستاوردهای مهم شیمی را در این راستا نشان می‌دهد.

شکل ۱- برخی دستاوردهای شیمی در جهان

شواهد تاریخی در گذر زمان نشان می‌دهد که انسان به تدریج با مسائل پیچیده‌تری روبه‌رو شده است. از این‌رو پیش‌بینی می‌شود که در آینده چالش‌های تازه و حیاتی پیش‌رو داشته باشد. بدیهی است برطرف کردن و حل هر یک از آنها به دانش و فناوری‌های پیشرفته‌تری نیاز خواهد داشت (نمودار ۱).



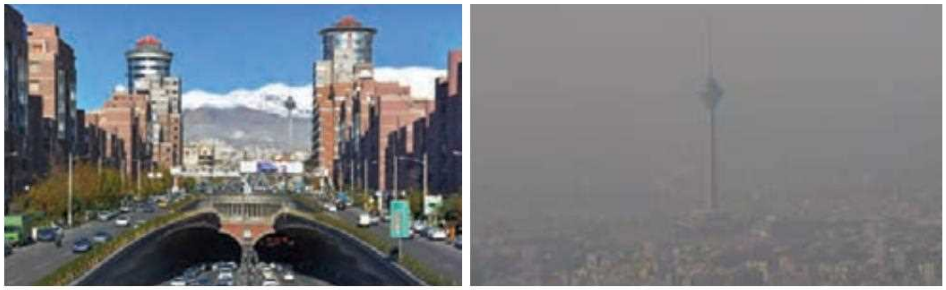
نمودار ۱ـ چند نمونه فراورده حاصل از فناوری‌های شیمیایی در گذر زمان

باتوجه به کارآمدی علوم تجربی، بسیاری بر این باورند که این علوم و از جمله دانش شیمی و فناوری‌های آن می‌توانند آینده روشنی را برای جهان رقم بزنند. باید توجه داشت با اینکه استفاده بهینه و درست از دانش و فناوری، آسایش و رفاه را در زندگی تأمین می‌کند، اما استفاده نادرست از آن، آثار مخرب‌تر و زیانبارتری به دنبال خواهد داشت. در واقع نوع استفاده از دانش و فناوری دو روی یک سکه هستند. برای نمونه تولید سلاح‌های شیمیایی استفاده نادرست از دانش و فناوری را نشان می‌دهد.

در این فصل با سه نمونه از دستاوردهای شیمی برای کاهش آلودگی هوا، افزایش فراورده‌های کشاورزی و افزایش بهره‌وری منابع شیمیایی آشنا خواهید شد.

به دنبال هوای پاک

تماشای آسمان آبی و تنفس در هوای پاک همیشه لذت‌بخش و شادی‌آفرین است آنچنان که سعدی، استاد سخن، می‌فرماید: «هر نفسی که فرو می‌رود مُمِدّ حیات است و چون بر می‌آید مُفَرِّح ذات، ...». افسوس که با رشد دانش و فناوری، گسترش صنایع گوناگون و با رفتارهای نادرست، دسترسی به هوای پاک محدودتر شده است. شاید شما هم لایه قهوه‌ای روشن که سطح شهرهای بزرگ جهان و کشورمان را به‌ویژه در زمستان می‌پوشاند، دیده باشید. هوایی که نه‌تنها شادی‌آفرین نیست بلکه نفس کشیدن را دشوار کرده و مشکلات تنفسی ایجاد می‌کند (شکل ۲).



شکل ۲ـ یکی از چالش‌های مهم در جهان امروز داشتن هوای پاک است.

$$۱۰۰ \times ۱۰^{۶} \text{ خودرو} \times \frac{۵۰ \text{km}}{۱ \text{ خودرو}} \times \frac{۸/۷۹ \text{ آلاینده}}{۱ \text{km}} \times \frac{۱ \text{ton}}{۱۰^{۶} \text{g}} = ۴۳۵۰۰$$

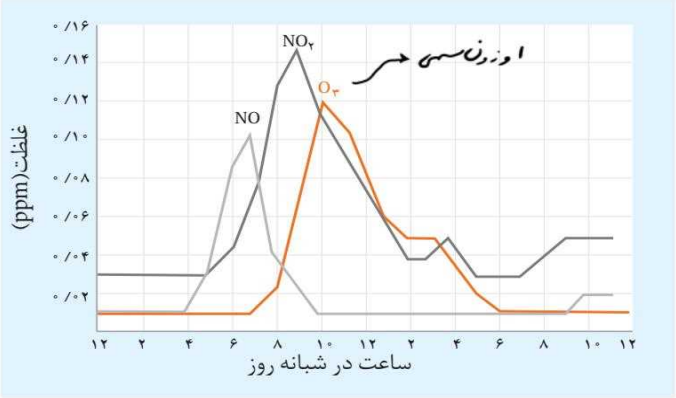
هوای خشک و پاک مخلوطی از گازهای گوناگون است که به طور یکنواخت در هوا کره پخش شده‌اند. در حالی که هوای آلوده افزون بر آنها حاوی گازهای گوناگونی مانند $SO_۲$، $O_۳$، $NO_۲$، CO، NO، ذره‌های معلق و مواد آلی فرّار است. به‌دلیل وجود این آلاینده‌ها، هوای آلوده بوی بدی دارد، چهرهٔ شهر را زشت می‌کند، فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشد و سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود.

فرمول شیمیایی آلاینده	مقدار آلاینده به‌ازای طی یک کیلومتر (گرم)
CO	۵/۹۹
C_xH_y	۱/۶۷
NO	۱/۰۴

● حساب کنید روزانه چند تن آلاینده وارد هوا کره می‌شود؟ فرض کنید روزانه صد میلیون خودرو در جهان به طور میانگین ۵۰ کیلومتر مسافت می‌پیمایند.

خود را بیازمایید ○ الگوی تغییر آلاینده‌ها در شبانه روز

۱ـ نمودار زیر غلظت برخی از این آلاینده‌ها را در نمونه‌ای از هوای یک شهر بزرگ نشان می‌دهد.



آ) مقدار این آلاینده‌ها بین چه ساعت‌هایی از شبانه‌روز به بیشترین حدّ خود می‌رسد؟

ب) چرا هوای آلوده به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شود؟ $NO_۲$ (آلاینده‌ای با Max مقدار)

پ) چرا با کاهش مقدار گاز $NO_۲$، مقدار گاز $O_۳$، رو به افزایش است؟

$$NO_۲ + O_۲ \longrightarrow NO + O_۳$$

۲ـ در شیمی ۱، آموختید که آلاینده‌های زیر در خروجی اگزوز خودروها وجود دارند.

$$CO,\ SO_۲,\ NO,\ C_xH_y \rightarrow \text{آلاینده آلی}$$

آ) دلیل وجود هیدروکربن‌ها در گازهای خروجی از اگزوز را توضیح دهید.

ب) پیدایش گازهای کربن مونوکسید، گوگرد دی اکسید و نیتروژن مونوکسید را با نوشتن معادله شیمیایی موازنه شده توجیه کنید.

① از نظر تقدم زمانی (محور x):
$NO \rightarrow NO_۲ \rightarrow O_۳$

② از نظر مقداری (محور y):
$NO_۲ > O_۳ > NO$

③ $N_۲ + O_۲ \xrightarrow[\text{خودرو}]{\text{موتور}} ۲NO$

$۲NO + O_۲ \longrightarrow ۲NO_۲$

$۲NO_۲ + O_۲ \longrightarrow ۲NO + O_۳$

$SO_۲$: به دلیل وجود گوگرد در بنزین
C_xH_y: هیدروکربن‌های نسوخته جزء مواد آلی فرار و آلاینده هستند و نقطه جوش بسیار پائینی دارند
CO: سوختن ناقص بنزین
NO: ترکیب $N_۲$ با $O_۲$ در دمای بالای موتور

شناسایی آلاینده‌ها

هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که اغلب بی‌رنگ هستند و نمی‌توان به آسانی وجود آنها را تشخیص داد. همچنین نوع آلاینده‌ها و مقدار هریک از آنها در شهرهای گوناگون متفاوت است. آیا می‌دانید چگونه می‌توان نوع و مقدار آلاینده‌ها را در یک نمونه هوای آلوده تعیین کرد؟ برای پاسخ به این پرسش، باید رفتار این مواد را بررسی کرد. یکی از این رفتارها،

نوع آلاینده	NO	$NO_۲$	$O_۳$
ساعت مربوط به بیشترین غلظت	۶ تا ۷ صبح	۸ تا ۹ صبح	۱۰ صبح

برهم‌کنش مواد با پرتوهای الکترومغناطیسی است.

پیش از این آموختید هرگاه یک نمونه ماده در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی قرار گیرد، ممکن است گستره معینی از آنها را جذب و پرتوهای باقی‌مانده را بازتاب کند یا عبور دهد.

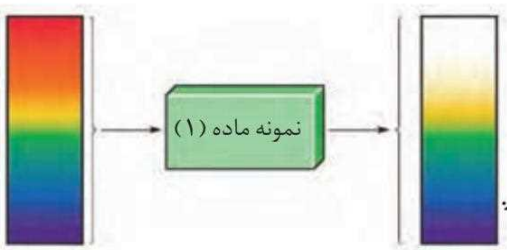
خود را بیازمایید

شناسایی مواد با پرتوها

هر یک از شکل‌های زیر رفتار یک نمونه ماده را در برابر پرتوهای مرئی نشان می‌دهد، با توجه به آنها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

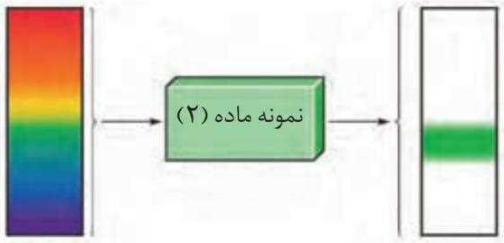
توجه: هردو ماده سبز دیده می‌شوند ولی با طیف‌سنجی مرئی می‌توان فهمید که دو ماده ساختار متفاوتی دارند.

ماده ۱: توانایی جذب طول موج‌های بلند نور مرئی مانند سرخ و نارنجی را دارد و دیگر پرتوها را عبور میدهد.



نور مرئی

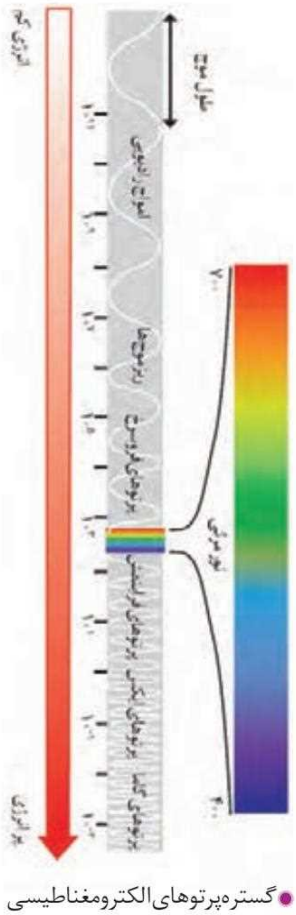
ماده ۲: طول موج مرئی بیشتری جذب کرده است. این نوع ساختار در ماده متفاوت است.



نور مرئی

آ) کدام نمونه ماده طول موج‌های بیشتری از پرتوهای مرئی را جذب کرده است؟ (۲)

ب) آیا ساختار این دو ماده یکسان است؟ چرا؟


گستره پرتوهای الکترومغناطیسی

نمی‌رود غلط

با توجه به اینکه پرتوهای مرئی، بخش کوچکی از گستره پرتوهای الکترومغناطیسی را دربرمی‌گیرد، انتظار می‌رود دیگر پرتوها مانند فروسرخ، فرابنفش و... نیز با ماده برهم‌کنش داشته باشند. شیمی‌دان‌ها با استفاده از چنین برهم‌کنش‌هایی میان ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی، روش‌های گوناگون طیف‌سنجی را برای شناسایی ساختار مواد پایه‌گذاری کرده‌اند.

یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی به کار می‌رود، **طیف‌سنجی فروسرخ**[1] نام دارد. با توجه به اینکه شمار و نوع اتم‌های سازنده هر گروه عاملی متفاوت از دیگری است، هر یک از آنها تنها گستره معین و منحصربه‌فردی از پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کنند. همین تفاوت، اساس[1] شناسایی گروه‌های عاملی از یکدیگر است.

* پرتوهای بکاررفته در طیف‌سنجی فروسرخ بالاتر از ۷۰۰nm است و برای شناسایی ایزومرهای C_2H_6O و سایر ایزومرها می‌توان بکاربرد.

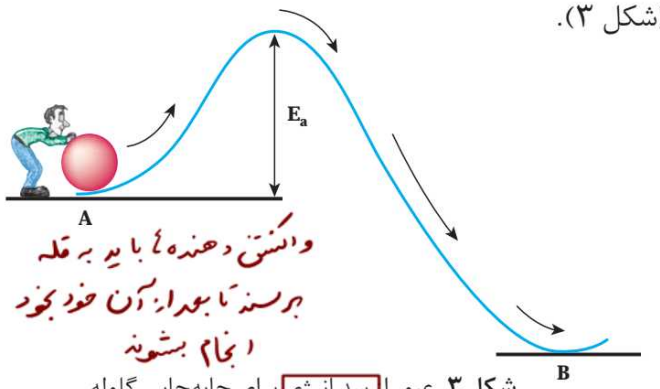
همچنین از طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای استفاده کرد. افزون بر طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان از برهم‌کنش پرتوهای فرابنفش، نور مرئی، امواج رادیویی و... نیز برای شناسایی مواد گوناگون بهره برد. ام.آر.آی (MRI) خود، نمونه‌ای از کاربرد طیف‌سنجی در علم پزشکی است.

پس از شناسایی و تعیین میزان آلاینده‌ها اکنون این پرسش مطرح است که چگونه می‌توان مقدار این آلاینده‌ها را در هواکره کاهش داد یا آنها را حذف کرد؟ آشنایی با رفتار و واکنش‌های شیمیایی آلاینده‌ها، انرژی فعال‌سازی و نقش کاتالیزگر در چنین واکنش‌هایی می‌تواند ما را در حل این مسئله یاری کند.

انرژی فعال‌سازی در واکنش‌های شیمیایی

در شیمی ۲ آموختید که واکنش‌های شیمیایی با سرعت‌های گوناگون انجام می‌شوند. برای نمونه واکنش زنگ زدن آهن کُند در حالی که واکنش سوختن متان، تند است. به‌راستی چرا سرعت واکنش‌های شیمیایی با هم تفاوت دارند؟ همچنین می‌دانید که افزایش دما سبب افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود؛ برای نمونه گاز نیتروژن با گاز اکسیژن در دمای اتاق واکنش نمی‌دهد اما درون موتور خودرو اندکی از آنها به نیتروژن مونوکسید تبدیل می‌شود. آیا می‌دانید چرا این واکنش در دمای اتاق انجام نمی‌شود؟

هر واکنش برای انجام شدن به حداقلی از انرژی نیاز دارد. در واقع برای اینکه یک واکنش شیمیایی آغاز شود باید واکنش‌دهنده‌ها مقدار معینی انرژی داشته باشند. برای درک بهتر این موضوع، فرض کنید شخصی می‌خواهد گلوله‌ای را از نقطه A به نقطه B منتقل کند (شکل ۳).

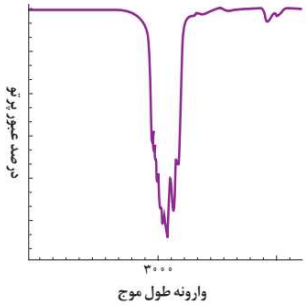


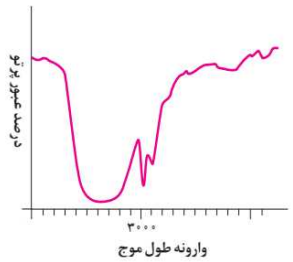
شکل ۳ـ عبور از سد انرژی برای جابه‌جایی گلوله

برای این منظور، او دست کم باید انرژی لازم برای رساندن گلوله به بالای قله را تأمین کند؛ زیرا از آن به بعد گلوله بر اثر نیروی گرانش روی سطح شیب‌دار به پایین سرازیر می‌شود. بدیهی است هرچه ارتفاع قله کمتر باشد، انتقال گلوله آسان‌تر و سریع‌تر انجام می‌شود (چرا؟).

آیا می‌دانید

در شیمی ۱ آموختید که نور، کلید شناخت جهان است. شیمی‌دان‌ها برای شناسایی ساختار دقیق مواد از رفتار آنها در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی (نور) بهره بسیاری برده‌اند. هر بخش از گستره پرتوهای الکترومغناطیس برهم‌کنش ویژه‌ای با ماده دارد و برای شناسایی بخشی از آن ماده به‌کار می‌رود. برای نمونه طیف‌سنجی فروسرخ برای شناسایی و تشخیص گروه‌های عاملی به‌کار می‌رود. شکل زیر بخشی از طیف فروسرخ دو ماده با فرمول مولکولی یکسان را (C_2H_6O) نشان می‌دهد.





● دمای موتور خودروها بیشتر از ۱۰۰۰ °C است.

تعریف

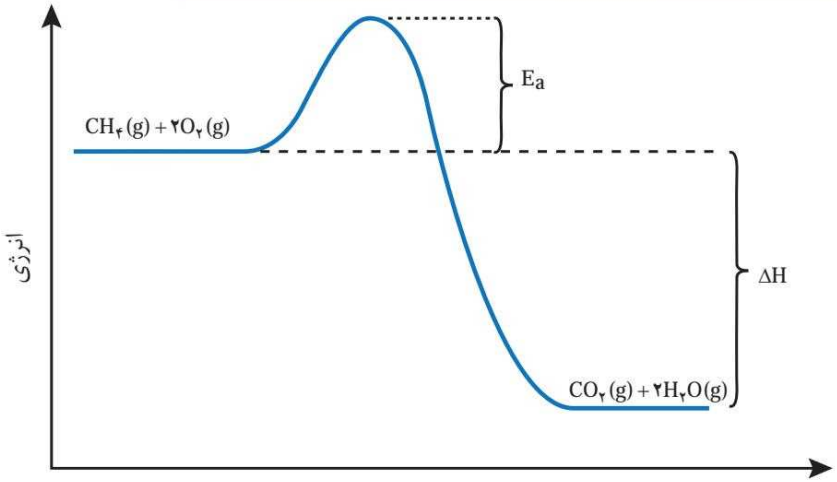
برای واکنش‌های شیمیایی نیز چنین است، به‌طوری که برای آغاز هر واکنش شیمیایی، مقدار معینی از انرژی لازم است که به آن انرژی **فعال‌سازی**[1] واکنش می‌گویند.

یکی از روش‌های تأمین این انرژی، گرما دادن به واکنش‌دهنده‌ها است. جالب اینکه واکنش‌های شیمیایی صرف‌نظر از اینکه گرماده یا گرماگیر باشند، برای آغاز شدن به انرژی نیاز دارند؛ برای نمونه به واکنش سوختن متان (گاز شهری) در اجاق گاز توجه کنید.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad ، \quad \Delta H = -802\ kJ$$

هر چند این واکنش گرماده است اما برای آغازشدن به جرقه یا شعله نیاز دارد. در واقع جرقه یا شعله فندک و کبریت، انرژی فعال‌سازی واکنش را تأمین می‌کند (نمودار ۲).

● هنگامی که نوک کبریت روی سطح زبر قوطی کبریت کشیده شود، گرما تولید می‌شود. این گرما انرژی فعال‌سازی واکنش شیمیایی انجام شده را تأمین می‌کند.



● انرژی فعالسازی واکنش را با E_a نمایش می‌دهند و با یکای کیلوژول گزارش می‌کنند.

نمودار ۲ـ نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش سوختن متان

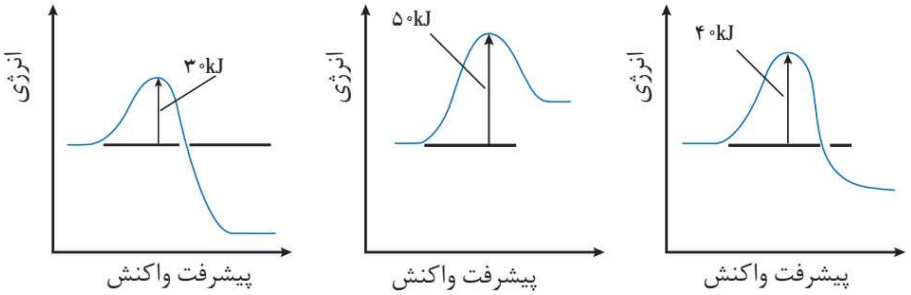
این نمودار نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای آغاز واکنش باید حداقلی از انرژی را داشته باشند تا با عبور از سد انرژی به فراورده‌ها تبدیل شوند. فراورده‌هایی که در این واکنش پایدارتر از واکنش‌دهنده‌ها هستند. به دیگر سخن اگر انرژی فعال‌سازی این واکنش تأمین نشود، واکنش‌دهنده‌ها دست نخورده باقی می‌مانند.

بدیهی است که هرچه انرژی فعال‌سازی واکنشی بیشتر باشد، سرعت آن کمتر است. در نتیجه واکنش در شرایط دشوارتر و دمای بالاتری انجام می‌شود زیرا بزرگ بودن E_a نشان می‌دهد که واکنش‌دهنده‌ها برای عبور از این سد به انرژی بیشتری نیاز دارند. از این رو با افزایش دما، انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر می‌شود. به‌طوری که شمار ذره‌هایی که در واحد زمان می‌توانند به فراورده‌ها تبدیل شوند، افزایش یافته و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد. این توصیف کمک می‌کند تا بتوان با مقایسه E_a واکنش‌ها، درباره سرعت و شرایط آغاز آنها اظهارنظر کرد.

* هر واکنش برای انجام شدن به انرژی فعال سازی نیاز دارد چه گرماده و چه گرماگیر
* هرچه E_a بیشتر باشد، یعنی برای شروع واکنش به انرژی بیشتری نیاز دارد.
* در دمای معین هرچه E_a کم‌تر باشد سرعت واکنش بیشتر خواهد بود.
* افزایش دما باعث افزایش تعداد مولکول‌هایی می‌شود که به آستانه می رسند و سرعت واکنش زیاد می‌شود

خود را بیازمایید

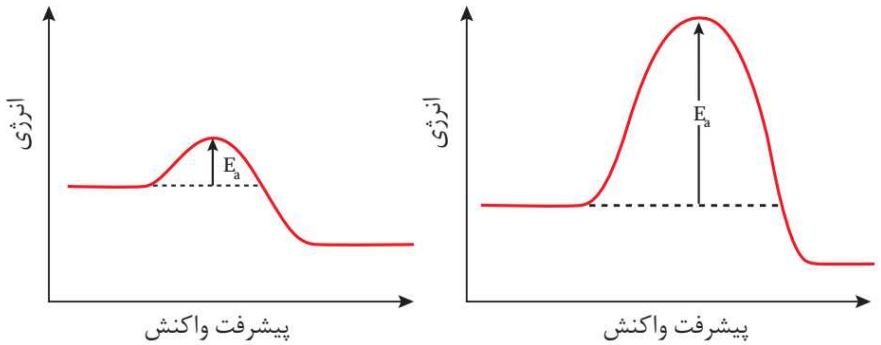
با توجه به نمودارهای زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



آ) گرماده یا گرماگیر بودن هر یک از واکنش‌ها را مشخص کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.

ب) کدام واکنش در شرایط یکسان سریع‌تر انجام می‌شود؟ چرا؟

پ) فسفر سفید برخلاف گاز هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد. با توجه به این واقعیت کدام نمودار به کدام واکنش مربوط است؟ چرا؟



برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فراورده‌ها در آنها صرفه اقتصادی ندارد (چرا؟). از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایط بهینه (دما و فشار پایین‌تر) برای انجام چنین واکنش‌هایی هستند. به‌نظر شما چگونه می‌توان واکنش‌هایی از این دست که انرژی فعال‌سازی زیادی دارند را در دما و فشار پایین با سرعت مناسب انجام داد؟ بدون تردید پاسخ شما، یافتن راهی برای کاهش انرژی فعال‌سازی است که با استفاده از کاتالیزگر امکان‌پذیر است. ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد، درحالی که خودش در پایان واکنش باقی می‌ماند. اما چگونه چنین چیزی ممکن است؟

● کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند؛ اما در پایان واکنش باقی می‌مانند. از این‌رو می‌توان آنها را بارها و بارها به‌کار برد. همچنین استفاده از کاتالیزگرها در صنایع گوناگون، سبب کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌شود.

با هم بیندیشیم

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{Pt/Zn} 2H_2O$$

۱ـ جدول زیر برخی داده‌ها برای واکنش میان گازهای هیدروژن و اکسیژن را در شرایط گوناگون نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

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 E_{a1}	۲۵	سریع	-۵۷۲
درحضور توری پلاتینی E_{a2} ↓	۲۵	انفجاری	-۵۷۲

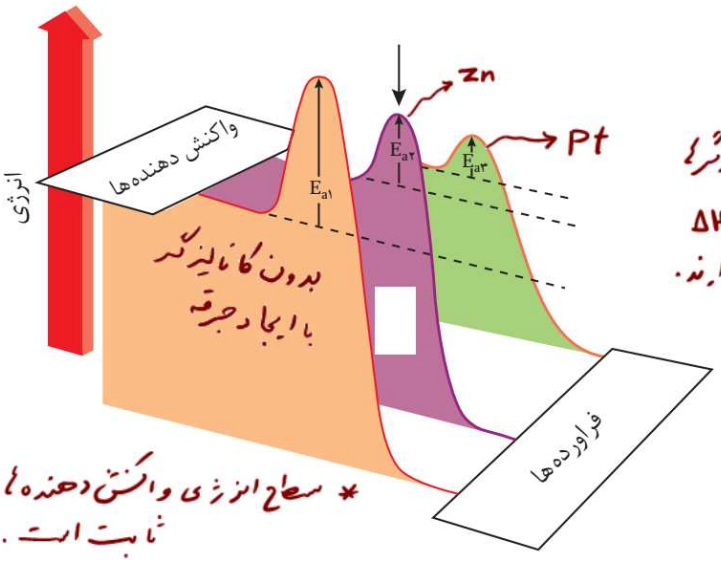
آ) توضیح دهید چرا این واکنش در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود؟

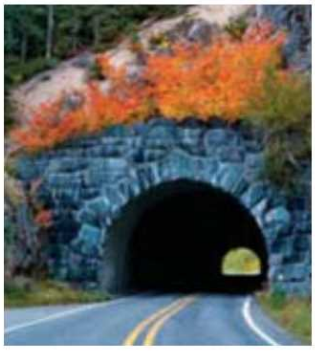
ب) نقش جرقه در انجام واکنش چیست؟

پ) نقش پودر روی و توری پلاتینی در این واکنش چیست؟

ت) کدام کمیت برای این واکنش در هر شرایطی ثابت می‌ماند؟

۲ـ هر یک از نمودارها را به کدام شرایط واکنش می‌توان نسبت داد؟ توضیح دهید.





● کاتالیزگر را می‌توان به تونلی در یک جاده کوهستانی تشبیه کرد. تونل با کوتاه کردن مسیر حرکت سبب می‌شود که مسافران زودتر به مقصد برسند، کاتالیزگر نیز با تغییر مسیر واکنش، انرژی فعال‌سازی را کاهش داده و سبب می‌شود واکنش دهنده‌ها سریع‌تر به فراورده‌ها تبدیل شوند.

۳ـ با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت داده شده را کامل کنید.

کاتالیزگر در هر واکنش شیمیایی با کاهش / افزایش انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش را کاهش / افزایش می‌دهد، اما آنتالپی واکنش ثابت می‌ماند / افزایش می‌یابد.

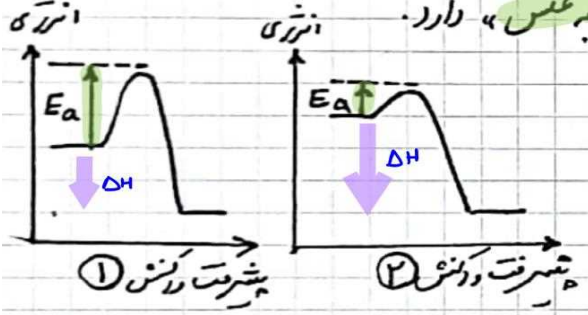
انرژی فعالسازی (Ea)

۱) حداقل انرژی لازم برای آغاز یک واکنش شیمیایی « انرژی فعالسازی » نامیده می‌شود .

۲) برای شروع همه واکنش های شیمیایی صرف نظر از این گرماده و یا گرماگیر باشند ، انرژی فعالسازی نیاز است .

۳) انرژی فعالسازی یک واکنش به شیوه های مختلفی مانند دادن حرارت ، ایجاد جرقه و نور .... قابل تامین است . واحد انرژی فعالسازی (Ea) کیلوژول است .

۴) انرژی فعالسازی هر واکنش با سرعت آن واکنش « رابطه عکس » دارد .



- هرچه Ea بیشتر ← سرعت واکنش کمتر
- هرچه Ea کمتر ← سرعت واکنش بیشتر

سرعت : واکنش ① > واکنش ②

۵) هرچه انرژی فعالسازی واکنشی بزرگتر باشد ، برای شروع نیاز به انرژی بیشتری دارد و واکنش شرایط سینتیکی دشوارتری داشته در دمای بالاتری انجام می‌شود .

۶) با دو برابر شدن Ea سرعت واکنش کاهش می‌یابد ولی نصف نمی‌شود ! رابطه Ea با سرعت خطی نیست !

۷) افزایش دما ، باعث افزایش سرعت واکنش های شیمیایی می‌شود . در دمای بالاتر تعداد مولکول های بیشتری می‌توانند از سد انرژی Ea عبور کرده و به فرآورده تبدیل شوند .

۸) برای عبور ذرات مواد اولیه از قلهٔ انرژی فعالسازی (E_a)، می بایستی ذرات و مولکول ها با یکدیگر برخورد موثر داشته باشند یعنی از جهت مناسب و انرژی کافی برخوردار باشند.

* افزایش دما تعداد برخوردهای موثر با انرژی کافی را افزایش می دهد ← سرعت واکنش افزایش می یابد

ارتباط آنتالپی واکنش ΔH و انرژی فعالسازی (E_a)

۹) ΔH واکنش یک کمیت ترمودینامیکی است و E_a واکنش یک کمیت سینتیکی است در نتیجه:

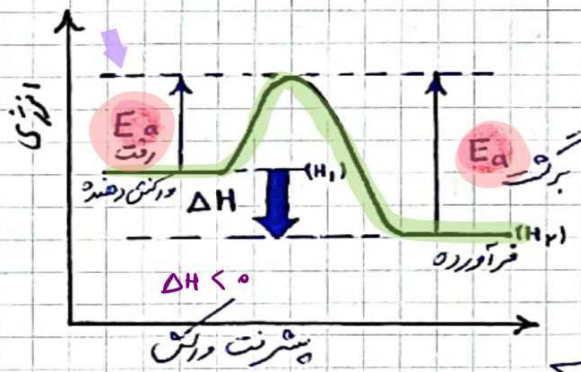
a) رابطه‌ای بین ΔH واکنش و E_a وجود ندارد بدین معنا که اگر ΔH واکنش بزرگتری دارد الزاماً E_a بزرگتری ندارد.

b) واکنش که ΔH کوچک و منفی دارد (گرماده است) الزاماً سریع انجام نمی شود....

c) الزاماً سرعت یک واکنش گرماده از یک واکنش گرماگیر بیشتر نیست.

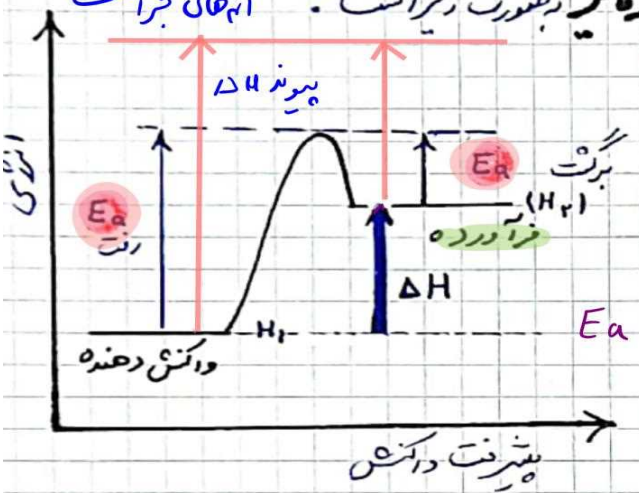
۱۰) همانطور که واکنش رفت E_a دارد می توان برای واکنش برگشت نیز E_a در نظر گرفت

۱۱) ΔH و E_a (رفت و برگشت) برای واکنش های **گرماده** به صورت زیر است:



- $\Delta H < 0$ گرماده $(H_1 > H_2)$
- انرژی فعال سازی: E_a رفت $> E_a$ برگشت
- سرعت: $\bar{R}$ رفت $> \bar{R}$ برگشت
- پایداری: واکنش دهنده‌ها $>$ فرآورده‌ها
- پیوند: $\Sigma\Delta H$ واکنش دهنده‌ها $>$ فرآورده‌ها
- فعالیت شیمیایی: فرآورده‌ها $>$ واکنش دهنده‌ها

۱۲) ΔH و E_a (رفت و برگشت) برای واکنش های **گرمانگیر** به صورت زیر است:



- گرمانگیر $(H_1 < H_2)$ $\Delta H > 0$
- E_a رفت $>$ E_a برگشت : انرژی فعال سازی
- $\bar{R}$ رفت $<$ $\bar{R}$ برگشت : سرعت
- واکنش دهنده $<$ فرآورده : پایداری
- واکنش دهنده $<$ فرآورده : $\Sigma \Delta H$ پیوند
- واکنش دهنده $>$ فرآورده : فعالیت شیمیایی

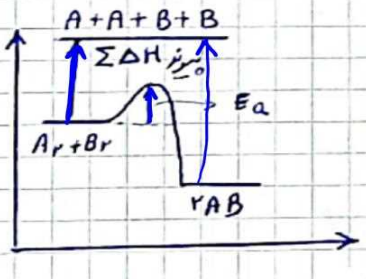
$E_a < \Delta H_{\text{پیوند}}$

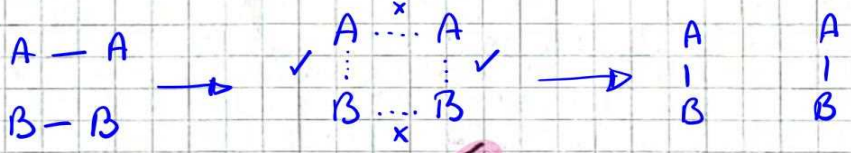
*** مقایسه E_a واکنش با آنتالپی پیوند**

۱۳) انرژی فعالسازی (E_a) از مجموع آنتالپی های پیوند واکنش دهنده ها کمتر است.

$$\Sigma \Delta H_{\text{پیوند}} > E_a$$

دلیل: برای عبور از سد انرژی (E_a) نیازی نیست تمام پیوندها شکسته شوند ولی برای محاسبه آنتالپی پیوند همه پیوندهای واکنش دهنده ها باید شکسته شوند.





*** روش های محاسبه ΔH واکنش**

۱) قانون هس

۲) با استفاده از پیوند: (پیچ)

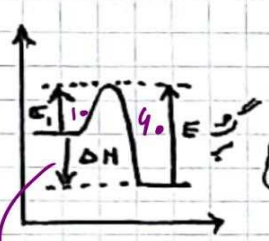
$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \Sigma \Delta H_{\text{پیوند واکنش دهنده ها}} - \Sigma \Delta H_{\text{پیوند فرآورده ها}}$$

۳) با استفاده از سوختن: (سوچ)

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \Sigma \Delta H_{\text{سوختن واکنش دهنده ها}} - \Sigma \Delta H_{\text{سوختن فرآورده ها}}$$

۴) به روش مستقیم (گرماسنج لیوانی) $Q=mc\Delta\theta \rightarrow \frac{Q}{\text{مول}} = \frac{Q}{|\Delta H|}$

۵) با استفاده از انرژی فعالسازی:



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

واکنش $\Delta H = 10-90 = -80\,KJ$

کاتالیزور و انرژی فعالسازی

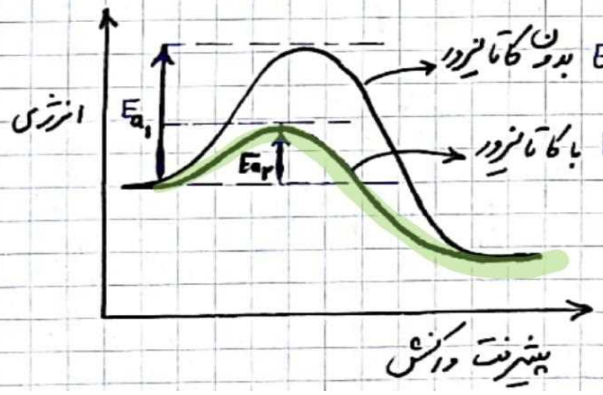
کاتالیزور: کاتالیزور ماده‌ای است که سرعت واکنش را افزایش می‌دهد ولی خودش در پایان واکنش باقی می‌ماند.

۱) کاتالیزور در واکنش وارد می‌شود و سرعت را افزایش می‌دهد ولی در انتها دست نخورده می‌ماند و بارها می‌توان از آن استفاده کرد.

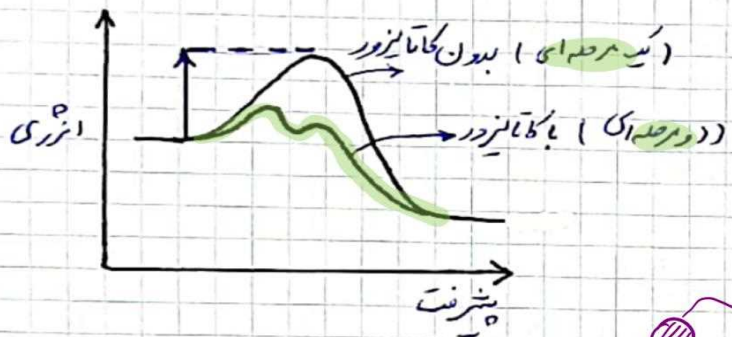
۲) برخی از واکنش‌ها در صنعت با افزایش دما و فشار با سرعت مناسبی انجام می‌شوند که تامین این شرایط نیاز به انرژی زیادی دارد و به لحاظ اقتصادی به صرفه نیست.

۳) کاتالیزورها در دماهای و فشارهای پایین سرعت واکنش‌ها را افزایش می‌دهند در نتیجه هزینه‌های تولید مواد کاهش می‌یابد.
① مصرف انرژی کاهش
② آلایندگی کاهش

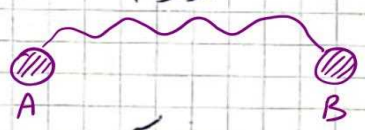
۴) کاتالیزورها مسیر انجام واکنش را تغییر می‌دهند و با کاهش E_a باعث افزایش سرعت واکنش‌ها می‌شوند.



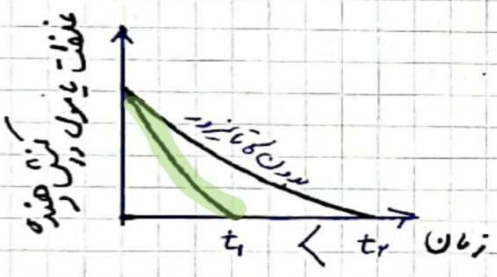
۵) برخی کاتالیزورها با افزایش تعداد مراحل واکنش، مسیر انجام واکنش را آسان‌تر می‌کنند و باعث افزایش سرعت واکنش می‌شوند.

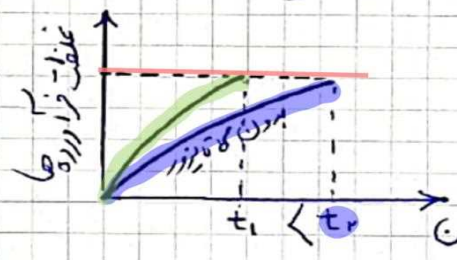


ΣEa (با کاتالیزور) $< Ea$ (بدون کاتالیزور)

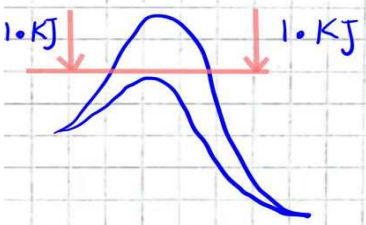


۶) کاتالیزورها هیچ تأثیری بر مقدار زیانی فرآورده‌ها ندارند ولی با افزایش شیب نمودار غلظت - زمان و مول - زمان مدت زمان تولید فرآورده را کاهش می‌دهند.





۷) کاتالیزور در واکنش گرمادهی باعث کاهش موارد زیر می‌شود: ↓



- ↓ انرژی فعال‌سازی (هم رفت و هم برگشت به یک اندازه)
- ↓ زمان انجام واکنش
- ↓ میزان آلودگی محیط زیست ← مصرف کمتر انرژی ← کاهش رد پای CO_2

۸) کاتالیزور در واکنش گرماگیر باعث افزایش موارد زیر می‌شود: ↑

- ↑ سرعت واکنش (رفت و برگشت) ← به یک نسبت
- ↑ تعداد مراحل انجام واکنش (اغلب)
- ↑ شیب نمودار غلظت - زمان

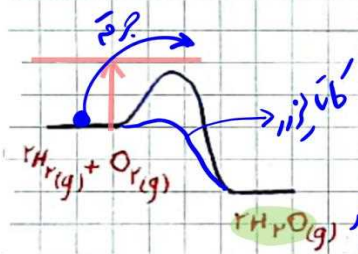
۹) کاتالیزور در واکنش ها، بر موارد زیر «بی تاثیر» است:

- ΔH واکنش
- مقدار کلی واکنش
- سطح انرژی مواد شرکت کننده (فرآورده ها و واکنش دهنده ها)
- انجام پذیری یک واکنش به لحاظ ترمودینامیکی
- مقدار نهایی فرآورده ها

* کاتالیزور قادر نیست یک واکنش غیرخودبه‌خودی را به یک واکنش خودبه‌خودی تبدیل کند و فقط قادر است سرعت یک واکنش خودبه‌خودی را افزایش دهد.

* کاتالیزور انرژی فعالسازی رفت و انرژی فعالسازی برگشت را به یک اندازه کاهش می دهد نه به یک نسبت!

بررسی واکنش میان گازهای اکسیژن و هیدروژن



$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{Ea_1} 2H_2O_{(g)} + 9 \quad (1)$$

بررسی ترمودینامیکی: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$ — خودبه‌خودی — پایدارتر

به لحاظ ترمودینامیکی واکنش بالا مساعد است و تمایل دارد به صورت خودبه‌خودی با آزاد کردن گرمای زیاد $\Delta H = -572\ kJ$ انجام شود.

$$P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10} \quad (2)$$

ترمودینامیکی $0K$ — $0K \rightarrow$ دمای اتاق — سینتیکی — $Ea_{(1)} > Ea_{(2)}$

بررسی سینتیکی: انجام می شود

شرایط این واکنش از لحاظ سینتیکی در دمای اتاق، مناسب نیست و به دلیل انرژی فعالسازی بسیار زیاد سرعت این واکنش در دمای اتاق ناچیز است و می توان مخلوط این دو گاز را بدون واکنش سالیان طولانی کنار هم نگه داشت.

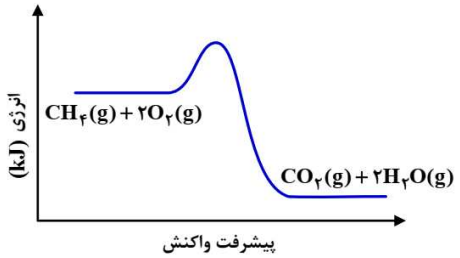
اصلاح شرایط سینتیکی: ← ۱) ایجاد جرقه ← جرقه انرژی Ea کاهش نمی دهد بلکه تأمین می کند

← ۲) استفاده از کاتالیزور ← a: روی ; b: پلاتین

↓

Ea را کاهش می دهد

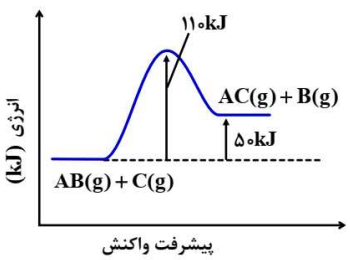
تست۲۲ : باتوجه به نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش سوختن متان ، چند مورد از مطالب زیر نادرست اند؟



✶ واکنش سوختن متان واکنشی گرماده است و واکنش‌دهنده‌ها بدون نیاز به حداقلی از انرژی، می‌توانند از سد انرژی عبور کنند.
✶ مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده‌ها از مجموع آنتالپی پیوندها در فراورده‌ها کمتر است.
✶ واکنش‌دهنده‌ها از فراورده‌ها پایدارتر هستند.
✶ در حضور جرقه یا شعله، انرژی فعال‌سازی واکنش کاهش یافته و واکنش آغاز می‌شود.

۱ [۱] ۲ [۲] ۳ [۳] ۴ [۴]

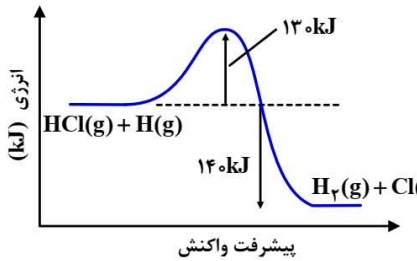
تست۲۳ : باتوجه به نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش برگشت پذیر فرضی زیر، چند مورد از مطالب زیر درست اند؟



✶ مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌هاست.
✶ آنتالپی پیوند $AB(g)$ برابر با $۱۱۰\ kJ.mol^{-۱}$ است.
✶ ΔH واکنش برگشت برابر با $-۵۰\ kJ$ است.
✶ آنتالپی پیوند $AB(g)$ از آنتالپی پیوند $AC(g)$ بیشتر است.
✶ سطح انرژی قلهٔ نمودار انرژی-پیشرفت واکنش، از سطح انرژی فراورده‌ها، $۶۰kJ$ بالاتر است.

۱ [۱] ۲ [۲] ۳ [۳] ۴ [۴]

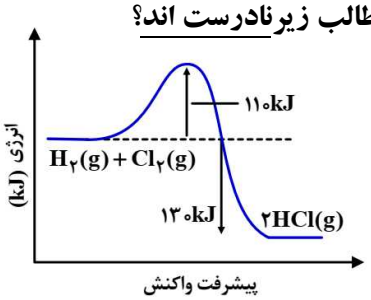
تست۲۴ : باتوجه به نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش برگشت پذیر گازی زیر، چند مورد از مطالب زیر درست اند؟



✶ در شرایط یکسان، سرعت واکنش برگشت از سرعت واکنش رفت کمتر است.
✶ آنتالپی پیوند $H-H$ از $۲۷۰kJ.mol^{-۱}$ بیشتر است.
✶ اختلاف انرژی پیوند $H_۲(g)$ با انرژی پیوند $HCl(g)$ قابل اندازه‌گیری نیست.
✶ به ازای تولید هر مول $H_۲(g)$ در واکنش رفت، $۱۴۰kJ$ گرما آزاد می‌شود.
✶ به ازای تولید ۲ مول $HCl(g)$ در واکنش برگشت، $۲۸۰kJ$ گرما آزاد می‌شود.

۱ [۱] ۲ [۲] ۳ [۳] ۴ [۴] ۵

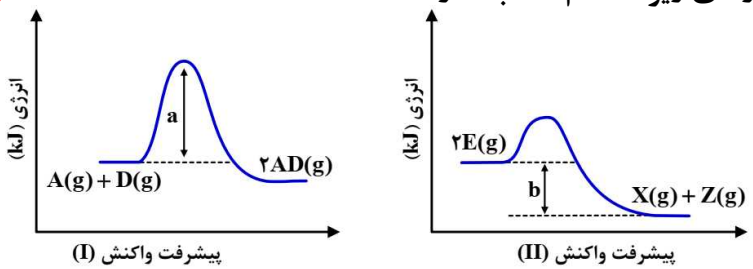
تست۲۵ : باتوجه به نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش برگشت پذیر گازی زیر، چند مورد از مطالب زیرنادرست اند؟



✶ انرژی پیوند $H_{۲(g)}$، الزاماً بیشتر از $۱۱۰kJ.mol^{-۱}$ است.
✶ انرژی پیوند $HCl_{(g)}$، الزاماً بیشتر از $۲۴۰kJ.mol^{-۱}$ است.
✶ حداقل انرژی لازم، برای آغاز واکنش برابر با $۱۱۰kJ$ است.
✶ ΔH واکنش $۲HCl_{(g)} \rightarrow H_{۲(g)}+Cl_{۲(g)}$، برابر با $-۱۳۰kJ$ است.

۱ [۱] ۲ [۲] ۳ [۳] ۴ [۴]

تست۲۶: باتوجه به نمودارهای زیر ، کدام مطلب نادرست است؟ **(داخل ریاضی ۱۴۰۰)**



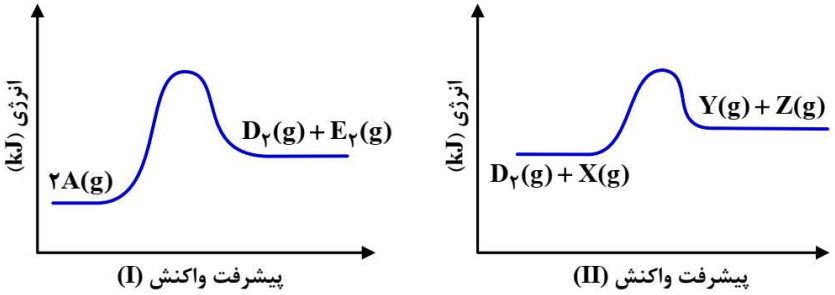
۱ در صورت تأمین akJ انرژی، هر دو واکنش I و II انجام‌پذیرند.

۲ گرمایی که به ازای مصرف ۱ مول $E(g)$، آزاد می‌شود، برابر $\frac{b}{۲}kJ$ است.

۳ در واکنش II، در مقایسه با واکنش I، فرآورده (ها) نسبت به واکنش‌دهنده(ها)، پایدارترند.

۴ گرمای آزاد شده به ازای تشکیل ۲ مول $AD(g)$، از گرمای آزاد شده به ازای تشکیل یک مول $X(g)$، بیشتر است.

تست۲۷: E_a: اگر واکنش‌های Iو II در شرایط یکسان انجام شود، با توجه به نمودارهای «انرژی ـ پیشرفت واکنش»های زیر، چند مطلب درست است؟ (انرژی فعالسازی واکنش‌های Iو II، به ترتیب برابر ۲۴۸ و ۱۸۳ کیلوژول و تفاوت سطح انرژی فراورده‌ها با واکنش‌دهنده (ها) در واکنش‌های Iو II ، به ترتیب برابر ۴۲ و ۱۱ کیلوژول است.) (تجربی خارج ۱۴۰۰)



✶ تفاوت انرژی مورد نیاز برای انجام دو واکنش، برابر ۳۱ کیلوژول است.

✶ به ازای مصرف ۳ مول واکنش‌دهنده در واکنش I، ۶۳kJ انرژی آزاد می‌شود.

✶ سرعت تشکیل گاز $D_۲$ (واکنش I) از سرعت مصرف آن (واکنش II) کمتر است.

✶ در هر دو واکنش، مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده(ها)، بزرگ‌تر از مجموع آنتالپی پیوندها در فراورده‌ها است.

۱ ۱ ۲ ۲ ۳ ۳ ۴ ۴

تست۲۸: E_a: اگـر در واکنش گـازی زیر ، آنتالپی پیونـدهای $H-H$، $F-F$ و $H-F$ به تـرتیب برابر با $۴۳۶kJ.mol^{-۱}$، $۱۵۷kJ.mol^{-۱}$ و $۵۶۸kJ.mol^{-۱}$ باشد و سطح انرژی فراورده‌ها از قله نمودار انرژی-پیشرفت واکنش، ۹۸۹ kJ کم‌تر باشد ، انرژی فعال سازی واکنش (E_a) چند کیلوژول است؟

$$H_۲(g) + F_۲(g) \longrightarrow ۲HF(g)$$

۱ ۴۴۶
۲ ۵۴۳
۳ ۹۸۹
۴ ۱۵۳۲

تست ۲۹ : E_a در واکنش زیر ، برای تولید ۱۶ گرم گاز اکسیژن (O_2)، ۷۳/۵ کیلوژول گرما آزاد می‌شود. اگر انرژی فعال‌سازی این واکنش، ۱۸kJ باشد، در نمودار انرژی – پیشرفت این واکنش، تفاوت سطح انرژی فراورده با قلهٔ نمودار، چند کیلوژول است؟ $(O=16:g.mol^{-1})$

$$O_2(g)+O(g) \longrightarrow 2O_2(g)$$

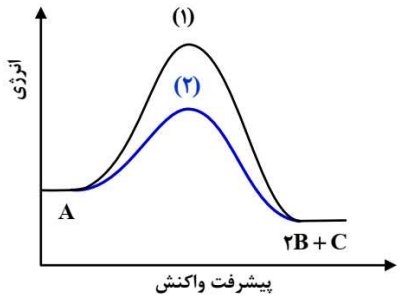
۱) ۳۱۲
۲) ۲۷۶
۳) ۱۶۵
۴) ۱۲۹

تست ۳۰: چند مورد از مطالب زیر درست است؟

* در شرایط یکسان، در واکنشی که دارای E_a کمتری است، شمار بیشتری از ذره‌های واکنش‌دهنده‌ها در واحد زمان، به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند.
* با افزایش دما در واکنش‌های گرماگیر و گرماده، ذره‌های بیشتری از واکنش‌دهنده‌ها، به انرژی لازم برای انجام واکنش دست می‌یابند.
* افزایش سرعت انجام یک واکنش شیمیایی معین، با افزایش مقدار نهایی فراورده‌های آن واکنش همراه است.
* هرچه E_a یک واکنش معین مقدار کمتری داشته باشد، واکنش آسان‌تر انجام شده و گرمای بیشتری در اثر انجام آن واکنش با محیط پیرامون مبادله می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

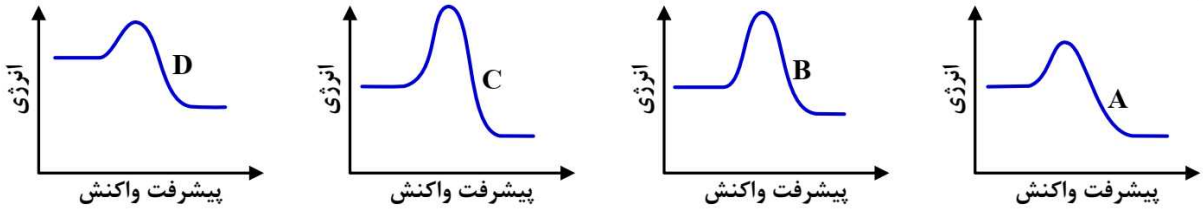
تست ۳۱: کاتالیزگر: نمودار انرژی-پیشرفت واکنش فرضی گازی $A \longrightarrow 2B+C$، در مسیرهای (۱) و (۲) نمایش داده شده است. با توجه به آن کدام مطالب زیر درست است؟



آ) سرعت واکنش در مسیر (۱) کمتر است.
ب) واکنش در مسیر (۲) سریع‌تر انجام می‌شود و می‌تواند مربوط به تأثیر افزایش دما بر واکنش‌دهنده‌ها باشد.
پ) مسیر (۲) به استفاده از یک کاتالیزگر مربوط است.
ت) کاتالیزگر در مسیر (۲)، با کاهش E_a واکنش، آنتالپی واکنش را کاهش داده است.

۱) آ،ب، پ ۲) آ، پ، ت ۳) آ، پ ۴) پ، ت

تست ۳۲: کاتالیزگر : با توجه به نمودارهای زیر، کدام دو نمودار مربوط به یک واکنش است و تفاوت آن‌ها تنها در استفاده از کاتالیزگر در یکی و استفاده نکردن از کاتالیزگر در دیگری است؟(در محورهای عمودی نمودارها، مقیاس یکسان است.)

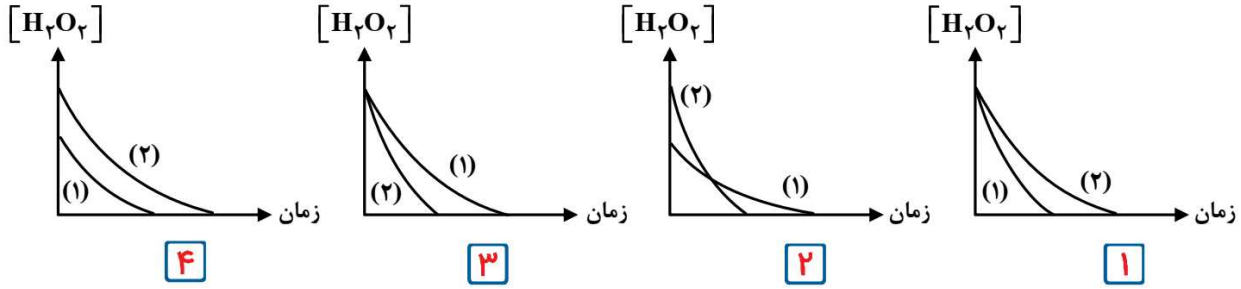


(D) (C) (B) (A)

۱ A,B ۲ D,C ۳ B,D ۴ A,C

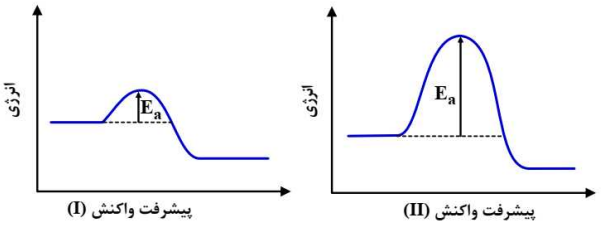
تست ۳۳: کاتالیزگر : واکنش تجزیه $H_2O_2(aq)$ در غیاب و در حضور کاتالیزگر $I^-(aq)$ انجام شده است. کدام نمودار، تغییرات غلظت $H_2O_2(aq)$ برحسب زمان، در این دو آزمایش را به درستی نشان می‌دهد؟ (واکنش (۱) در غیاب کاتالیزگر و واکنش (۲) در حضور کاتالیزگر انجام شده است.)

$$2H_2O_2(aq) \xrightarrow{I^-(aq)} 2H_2O(l) + O_2(g)$$



۴ ۳ ۲ ۱

تست ۳۴: فسفر : با توجه به اینکه گاز هیدروژن برخلاف فسفر سفید(P_4)، در هوا و دمای اتاق نمی‌سوزد، اگر نمودارهای انرژی – پیشرفت واکنش زیر مربوط به سوختن این دو ماده باشد، چند مورد از مطالب زیر درست است؟ (در محورهای عمودی نمودارها، مقیاس یکسان است.)



✶ نمودار (I) مربوط به سوختن فسفر سفید و نمودار (II) مربوط به سوختن هیدروژن است.

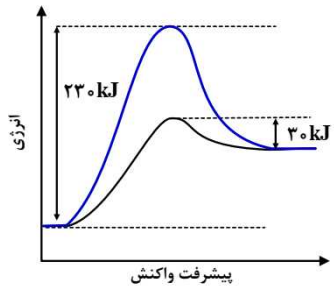
✶ استفاده از کاتالیزگر با کاهش سطح انرژی قله در نمودار (II)، می‌تواند سرعت واکنش را افزایش دهد.

✶ گرما دادن به واکنش‌دهنده‌ها در نمودار (II)، انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش داده و موجب آغاز واکنش می‌شود.

✶ اگر بدانیم برای جلوگیری از سوختن فسفر سفید، در آزمایشگاه آن را در زیر آب نگه‌داری می‌کنند، نقش آب در این فرایند، کاهش‌دهندهٔ E_a واکنش است.

۱ ۱ ۲ ۲ ۳ ۳ ۴ ۴

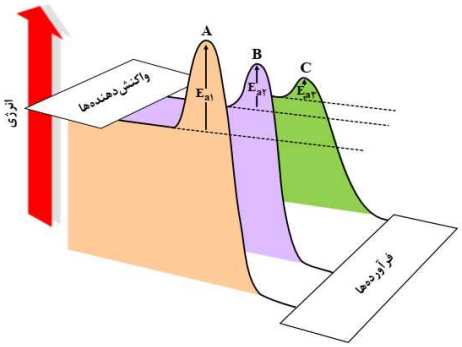
تست ۳۵: کاتالیزگر : نمودار زیر مربوط به واکنش گازی فرضی $A_2(g)+B_2(g) \longrightarrow 2AB(g)$ در حضور و در غیاب کاتالیزگر است. اگر برای تولید هر مول AB در این واکنش، ۴۰ کیلوژول گرما مصرف شود، تفاوت انرژی فعال‌سازی واکنش در حضور و در غیاب کاتالیزگر، برحسب کیلوژول، چقدر است؟



۱) ۱۶۰
۲) ۱۲۰
۳) ۱۱۰
۴) ۲۰۰

تست ۳۶: کاتالیزگر : جدول و نمودار زیر، برخی داده‌های مربوط به واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن در شرایط گوناگون را نمایش می‌دهند. با توجه به آن‌ها، چند مورد از مطالب زیر نادرست است؟

ردیف	شرایط آزمایش	دما (°C)	سرعت واکنش	آنتالپی واکنش ΔH
۱	بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	-۵۷۲
۲	ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	.....	.....
۳	در حضور پودر روی	۲۵	.....	.....
۴	در حضور توری پلاتینی	۲۵	.....	.....



✶ نمودار (B) مربوط به آزمایش شماره (۳) است و پودر روی به عنوان کاتالیزگر، در واکنش شرکت نکرده و در پایان واکنش باقی می‌ماند.
✶ نمودار(C) ، نمودار انرژی - پیشرفت واکنش آزمایش‌های شماره (۴) و (۲) را نشان می‌دهد.
✶ نمودار(A) ، نمودار انرژی - پیشرفت واکنش آزمایش‌های شماره (۱) و (۲) را نشان می‌دهد.
✶ گرمای آزاد شده در آزمایش‌های شمارهٔ (۱) و (۲) از گرمای آزاد شده در واکنش‌های شمارهٔ (۳) و (۴) ، کمتر است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۳۷: چند مورد از مطالب زیر درست است؟

✶ کاتالیزگر، تأثیری بر مقدار عددی ΔH واکنش ندارد و همچنین بر مقدار فراوردهٔ تولید شده در واکنش، بی‌تأثیر است.
✶ کاتالیزگر در یک واکنش برگشت‌پذیر، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت را به یک اندازه کاهش می‌دهد.
✶ کاتالیزگر با تغییر مسیر واکنش، انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش داده و موجب افزایش سرعت واکنش می‌شود.
✶ کاتالیزگر، شمار ذره‌هایی که می‌توانند در واحد زمان از سد انرژی عبور کنند را افزایش می‌دهد.
✶ کاتالیزگر، پایداری واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها را در واکنش کاهش می‌دهد.

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

پی بردید که انرژی فعال‌سازی واکنش را می‌توان با استفاده از گرما تأمین کرد یا با استفاده از کاتالیزگر کاهش داده تا واکنش‌ها را با سرعت دلخواه انجام داد. اینک زمان آن رسیده است که در نقش یک شیمی‌دان یا مهندس شیمی با تکیه بر دانش شیمی خود، راهکارهایی برای کاهش یا حذف آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها ارائه کنید. نکته شایان توجه این است که این آلاینده‌ها در کسری از ثانیه از موتور خودرو خارج و وارد هواکره می‌شوند. همچنین دمای آنها در این زمان بسیار کوتاه به سرعت کاهش می‌یابد.

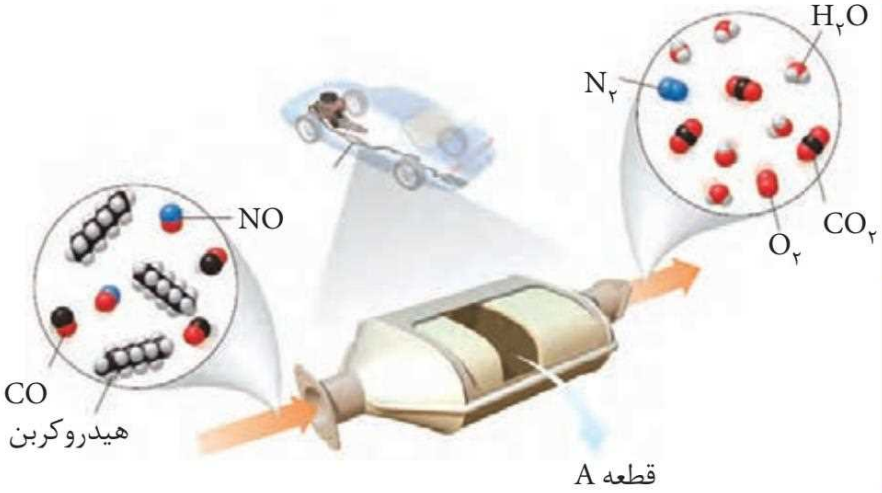
آیا می‌دانید

گازهای خروجی از اگزوز تنها ۰/۴ ثانیه در تماس با کاتالیزگرهای مبدل کاتالیستی هستند.

با هم بیندیشیم

فرآیند حذف آلاینده‌ها

۱ـ برای حذف آلاینده‌های موجود در اگزوز خودروها $(CO و NO, C_xH_y)$ قطعه‌ای را در مسیر خروج گازها قرار می‌دهند. با توجه به شکل زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



$2NO \rightarrow N_2 + O_2$

$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$

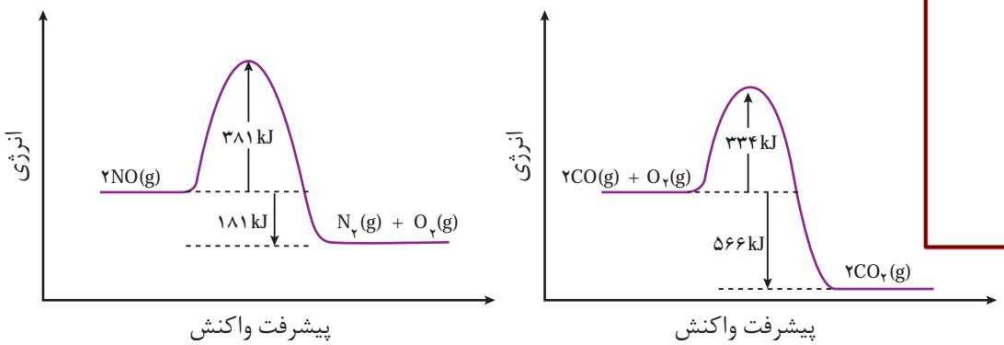
$C_xH_y + (x+\frac{y}{4})O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$

* چرا مبدل‌ها باید در نزدیکی موتور به کار برده بشوند؟

آ) هر آلاینده پس از عبور از قطعه A به چه فراورده‌ای تبدیل می‌شود؟

ب) معادله شیمیایی حذف هر یک از آلاینده‌ها را بنویسید و موازنه کنید.

۲ـ با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) چرا این واکنش‌ها در دماهای پایین انجام نمی‌شوند یا بسیار کند هستند؟

ب) انرژی فعال‌سازی و آنتالپی هر واکنش را تعیین کنید.

۳ـ جدول زیر مقدار این آلاینده‌ها را در حضور و غیاب قطعه A نشان می‌دهد.

آ) با توجه به آن پیش‌بینی کنید نقش این قطعه چیست؟

فرمول شیمیایی آلاینده		CO	C_xH_y	NO
مقدار آلاینده برحسب گرم به‌ازای طی یک کیلومتر	در غیاب قطعه A	۵/۹۹	۱/۶۷	۱/۰۴
	در حضور قطعه A	۰/۶۱	۰/۰۷	۰/۰۴

ب) تجربه نشان می‌دهد که کارایی قطعه A به نوع کاتالیزگرهای موجود در آن بستگی دارد. این قطعه محتوی سه نوع کاتالیزگر است. با این توصیف کدام عبارت زیر درست است؟ چرا؟

- هر کاتالیزگر می‌تواند به همه واکنش‌ها سرعت ببخشد. ✗
- هر کاتالیزگر به شمار معدودی واکنش سرعت می‌بخشد. ✓

① مقدار آلاینده‌ها: $NO < C_xH_y < CO$

② کاتالیزگر مقدار آن‌ها را کاهش می‌دهد ولی ترتیب مقدار آلاینده‌ها را تغییر نمی‌دهد.

③ با درصد کاهش NO از بقیه بیشتر است.

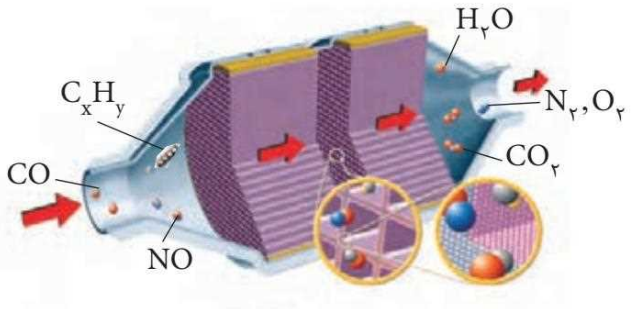
④ CO: $5/99 - 0/61 = 5/38$ ، کاهش ٪ CO $= \frac{5/38}{5/99} \times 100 = 89$ درصد

C_xH_y: $1/67 - \%7 = 1/6$ ، کاهش ٪ $= \frac{1/6}{1/67} \times 100 = 95\%$

NO: $1/04 - \%4 = 1$ ، کاهش ٪ NO $= \frac{1}{1/04} \times 100 = 96\%$

کاهش ٪ : $NO > C_xH_y > CO$

دریافتید که در مسیر گازهای خروجی از خودروها قطعه‌ای قرار می‌دهند که می‌تواند باعث حذف یا کاهش آلاینده‌ها شود. **مبدل کاتالیستی**[1] نامی است که به آن نسبت می‌دهند. بر روی سطح این قطعه سرامیکی که به شکل توری به کار می‌رود، فلزهای رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) نشانده شده است. برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را به شکل مش (دانه)های ریز درمی‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند (چرا؟) (شکل ۴).



شکل ۴ـ درسطح سرامیک‌های درون مبدل کاتالیستی، توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر وجود دارند.

با اینکه مبدل کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کند اما پس از مدت معینی کارایی آن کاهش می‌یابد و دیگر قابل استفاده نیست.

خود را بیازمایید

اثر ما بر عملکرد مبدل ؟

۱ـ با وجود مبدل کاتالیستی، در گازهای خروجی از اگزوز خودروها به هنگام روشن و گرم‌شدن خودرو به ویژه در روزهای سرد زمستان گازهای NO, C_xH_y و CO بیشتری مشاهده می‌شود.

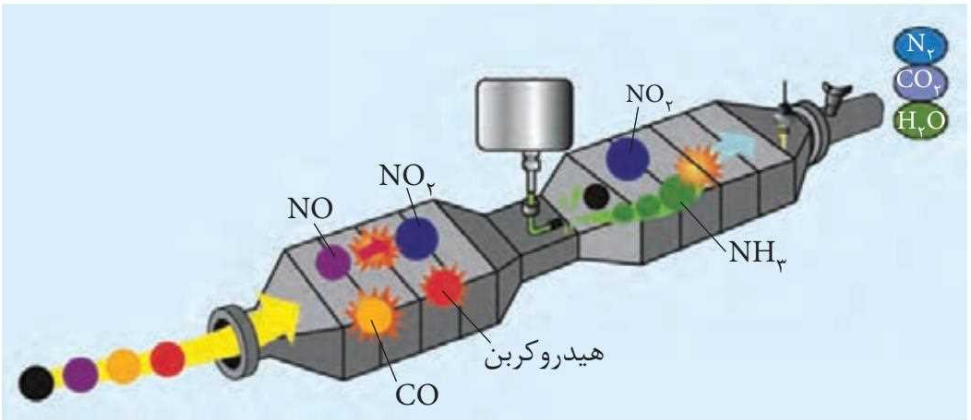
آ) دلیل این پدیده را توضیح دهید.

ب) چه راهکاری برای برطرف کردن این مشکل پیشنهاد می کنید؟

۲ـ درباره درستی جمله‌های زیر گفت‌وگو کنید.

- کاتالیزگر اغلب اختصاصی و انتخابی عمل می کند.
- در حضور کاتالیزگر نباید واکنش‌های ناخواسته دیگری انجام شود.
- کاتالیزگر در شرایط انجام واکنش باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد.

پی بردید که با استفاده از مبدل کاتالیستی می‌توان از ورود آلاینده‌های تولید شده در خودروهای بنزینی به هواکره جلوگیری کرد. اما بررسی‌ها نشان می‌دهد که با استفاده از این نوع مبدل‌ها نمی‌توان گازهای NO و NO_2 خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کرد. بنابراین ضروری است برای حل این مسئله، مبدلی نو طراحی کرد. پژوهشگران و مهندسان برای خودروهای دیزلی مبدلی به شکل ۵ طراحی کرده‌اند.



شکل۵ـ مبدل کاتالیستی در خودروهای دیزلی

در این مبدل با ورود آمونیاک و انجام واکنش زیر، گازهای NO و NO_2 به گاز N_2 تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود گازهای NO و NO_2 به هواکره جلوگیری می‌شود.

$$NO(g) + NO_2(g) + 2NH_3(g) \rightarrow 2N_2(g) + 3H_2O(g)$$

تمرین ۳۸: با توجه به مبدل های کاتالیستی خودروهای بنزینی، با انتخاب موارد مناسب، عبارت های زیر را کامل کنید.

۱ مبدل‌های کاتالیستی خودروهای بنزینی $\frac{\text{توری}}{\text{توری و مش}}$ هایی از جنس $\frac{\text{سرامیک}}{\text{Pt,Pd,Rh}}$ هستند که توده‌های $\frac{\text{سرامیکی}}{\text{Pt,Pd,Rh}}$ به قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر، روی سطح آن‌ها نشانده شده‌اند.

۲ در شرایط انجام واکنش در مبدل‌های کاتالیستی، کاتالیزگرهای مورد استفاده در مبدل، پایداری $\frac{\text{شیمیایی}}{\text{شیمیایی و گرمایی}}$ مناسبی $\frac{\text{دارند}}{\text{ندارند}}$ و در حضور آن‌ها واکنش‌های ناخواستهٔ دیگری انجام $\frac{\text{می‌شود}}{\text{نمی‌شود}}$.

تست ۳۹: باتوجه به مبدل های کاتالیستی خودروهای بنزینی، چند مورد از مطالب زیر درست است؟

* هر یک از کاتالیزگرهای Pt,Pd,Rh ، می‌توانند به همهٔ واکنش‌های انجام شده در مبدل، سرعت بخشند.
* کارایی این مبدل‌ها به دما وابسته است و در دماهای بالاتر از کارایی بیشتری برخوردارند.
* استفاده از سرامیک‌های به شکل مش(دانه‌های ریز) به جای توری، سطح تماس آلاینده‌ها با کاتالیزگرها را افزایش داده و به واکنش‌ها سرعت می‌بخشد.
* وجود سرب(Pb) در بنزین می‌تواند کارایی کاتالیزگرهای Pd,Pt و Ru را کاهش داده و یا کارکرد آن‌ها را متوقف کند.
* به منظور افزایش کارایی مبدل‌های کاتالیستی، می‌توان این مبدل‌ها را عایق بندی کرد تا دمای بالا را برای مدت زمان بیشتری در خود نگه‌دارند.

۱ ۲ ۲ ۳ ۳ ۴ ۴ ۵

تست ۴۰: باتوجه به مبدل های کاتالیستی خودروهای بنزینی، چند مورد از واکنش های زیر انجام می شود؟

I) $2NO(g) \longrightarrow N_2(g)+O_2(g)$

II) $2CO(g) \longrightarrow 2C(s)+O_2(g)$

III) $C_XH_Y(g)+\frac{4X+Y}{2}O_2(g) \longrightarrow XCO_2(g)+\frac{Y}{2}H_2O(g)$

IV) $2CO(g) +O_2(g)\longrightarrow 2CO_2(g)$

V) $N_2(g)+O_2(g) \longrightarrow 2NO(g)$

۱ ۱ ۲ ۲ ۳ ۳ ۴ ۴

آمونیاک و بهره‌وری در کشاورزی

می‌دانید که غذا به‌عنوان محور رشد و سلامتی، یکی از ضرورت‌های زندگی برای ادامه آن به‌شمار می‌رود. اما محدودیت منابع و روند رو به افزایش جمعیت سبب شده تا تأمین غذا به یکی دیگر از چالش‌های زندگی تبدیل شود. بهترین راه‌حل برای این مسئله، افزایش بهره‌وری در تولید فراورده‌های کشاورزی است. در این راستا شناسایی، تولید و افزودن کودهای شیمیایی مناسب به خاک راهگشا خواهد بود.

گیاهان با جوی سرشار از گاز نیتروژن احاطه شده‌اند اما نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به‌طور مستقیم از هوا جذب کنند. از این‌رو باید نیتروژن را به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود (شکل ۶).

شکل ۶ـ در برخی کشورها برای افزایش بازده فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

از شیمی ۱ به یاد دارید که در دمای اتاق، واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه پیش نمی‌رود (چرا؟). از سوی دیگر این واکنش، برگشت‌پذیر است و می‌تواند در شرایط مناسب به تعادل برسد. تعادلی که در دمای معین، مخلوطی از گازهای واکنش‌دهنده و فراورده با غلظت ثابت است.

● گیاهان برای رشد افزون بر کربن دی اکسید و آب به عنصرهایی مانند S ، N ، P ، K و ... نیاز دارند.

آیا می‌دانید

برای تأمین غذا افزون بر کودهای شیمیایی مناسب، دانش و فناوری‌های دیگری از جمله شناسایی و تولید مواد شیمیایی برای کنترل آفت‌ها، به‌کارگیری دانش شیمی خاک، فراوری فراورده‌های کشاورزی و ... نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. برای نمونه تنظیم pH خاک در رشد گیاه مؤثراست.

نام گیاه	گسترهٔ pH مناسب برای رشد
گندم	۶/۸ ـ ۷/۵
جو	۵/۷ ـ ۷/۵
ذرت	۵/۷ ـ ۶/۸
یونجه	۶/۸ ـ ۷/۵

خود را بیازمایید

تعادل

با توجه به معادله واکنش تعادلی تولید گاز آمونیاک و عبارت ثابت تعادل آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \qquad K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

آ) توضیح دهید چگونه می‌توان از روی معادله یک واکنش، عبارت ثابت تعادل را برای آن نوشت؟

ب) جدول صفحه بعد غلظت تعادلی گونه‌ها را در دمای معینی برای این واکنش نشان

عبارت ثابت تعادل: گویی است که در صورت آن غلظت تعادلی مواد سمت راست هر یک به توان ضرایب و مخرج آن غلظت مواد سمت چپ هر یک به توان ضرایب قرار می‌گیرد

می‌دهد. با محاسبه K، مشخص کنید میزان پیشرفت واکنش در این دما کم است یا زیاد؟ چرا؟

$[NH_3]$	$[H_2]$	$[N_2]$	K
۰/۰۲	۰/۵	۰/۴	...۰/۰۰۰۸.....

مقدار عددی K کوچک است و نشان می‌دهد واکنش با پیشرفت کم به تعادل رسیده است

تولید فراورده بیشتر در شرایط معین، به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد. به دیگر سخن هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، درصد بیشتری از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند. از این‌رو شیمی‌دان‌ها به دنبال یافتن شرایطی هستند که درآن، واکنش‌دهنده‌ها تا حد ممکن به فراورده‌ها تبدیل شده باشند. فریتس هابر برای یافتن چنین شرایطی، این واکنش را بارها و بارها در شرایط گوناگون انجام داد و سرانجام موفق شد شرایط بهینه واکنش را بیابد.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \underset{}{\overset{۲۰۰\ atm\ ،\ ۴۵۰\ ^\circ C\ و\ Fe(s)}{\rightleftharpoons}} 2NH_3(g)$$

به‌راستی او بر چه اساسی واکنش را در این شرایط طراحی کرد؟ چگونه میزان پیشرفت واکنش تعادلی را با تغییر شرایط افزایش داد؟ برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها باید درباره واکنش‌های تعادلی بیشتر بیاموزید.

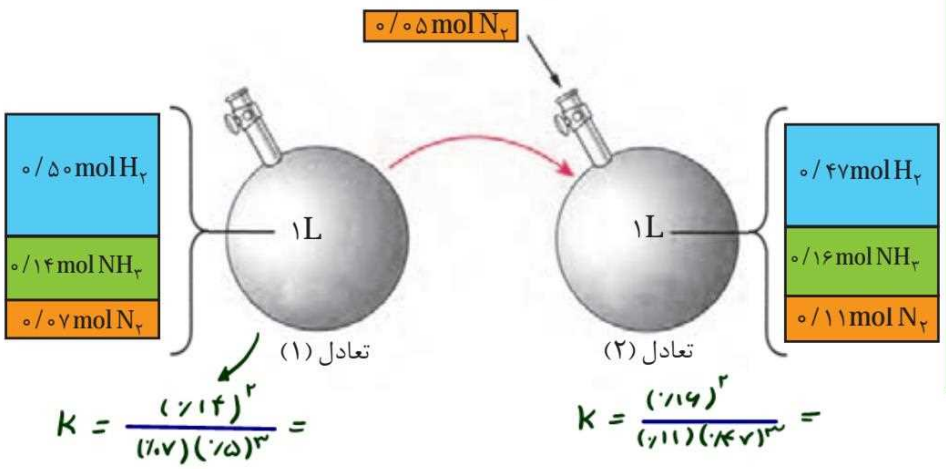
با هم بیندیشیم

اثر غلظت (مقدار) در دما و حجم ثابت برجا به جایی تعادل

در محفظه‌ای به حجم یک لیتر، تعادل زیر در دمای ۲۰۰ °C برقرار است.

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

شکل زیر افزودن مقداری نیتروژن را به این سامانه در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه به شکل به پرسش‌ها پاسخ دهید.



$k = \frac{(۰/۱۴)^2}{(۰/۰۷)(۰/۵)^3} =$

$k = \frac{(۰/۱۶)^2}{(۰/۱۱)(۰/۴۷)^3} =$

۱ـ جدول زیر را کامل کنید.

تعادل / کمیت	$[NH_3]$	$[H_2]$	$[N_2]$	K
۱	۰/۱۴	۰/۵	۰/۰۷	۲/۲۴
۲	۰/۱۶	۰/۴۷	۰/۱۱	۲/۲۴

۲ـ غلظت کدام مواد در تعادل (۲) در مقایسه با تعادل (۱) افزایش یافته است؟ N_2 و NH_3 ولی مقدار N_2 از آنچه انتظار می‌رود کمتر است.

۳ـ با افزودن $N_2(g)$ به تعادل (۱)، واکنش در چه جهتی پیش رفته است تا به تعادل جدید برسد؟ چرا؟

۴ـ K در این آزمایش چه تغییری کرده است؟ از این ویژگی چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۵ـ با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

هنگامی که در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در سامانه تعادلی $\frac{\text{کاهش}}{\text{افزایش}}$ یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{تولید}}{\text{مصرف}}$ آن تا حد امکان پیش می‌رود تا به تعادل $\frac{\text{آغازی}}{\text{جدید}}$ برسد.

اگر مقدار مواد جامد (s) و یا مایع (l) وارد تعادل تغییر دهیم باعث جابه‌جایی تعادل نمی‌شود

پی بردید که واکنش تعادلی با افزایش غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در دمای ثابت، در جهتی پیش می‌رود که تا حدامکان مقداری از آن را مصرف کند و به تعادل جدید برسد اما در این جابه‌جایی، K ثابت می‌ماند.

بدیهی است که با کاهش غلظت هر ماده شرکت‌کننده، واکنش تا حد امکان در جهت تولید آن ماده پیش خواهد رفت. این ویژگی نشان می‌دهد که اگر تغییری سبب به‌هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حدامکان اثر آن تغییر را جبران کند. این توصیف، بیانی از **اصل لوشاتلیه**[۱] است.

خود را بیازمایید

اثر غلظت بر جابه‌جایی تعادل در دما و حجم ثابت

واکنش تعادلی زیر در سامانه‌ای با حجم و دمای ثابت برقرار است. با هر یک از تغییرهای زیر تعادل در چه جهتی جابه‌جا می‌شود؟ چرا؟

$$N_2(g) + 3H_2(g) \overset{300^\circ C}{\rightleftharpoons} 2NH_3(g)$$

آ) خارج کردن مقداری گاز آمونیاک از سامانه

ب) وارد کردن مقداری گاز هیدروژن در سامانه

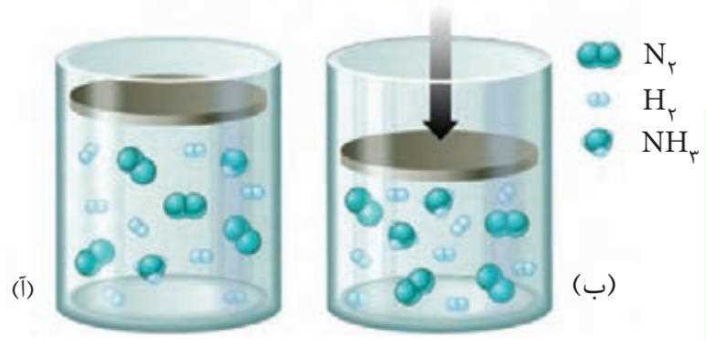
تغییر حجم سامانه در تعادل‌های گازی

با اثر تغییر غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده بر تعادل گازی در دمای ثابت آشنا شدید. دریافتید که در دما و حجم ثابت با افزایش شمار مول‌های یکی از مواد شرکت‌کننده، غلظت آن افزایش می‌یابد و مطابق اصل لوشاتلیه واکنش تعادلی تا حدامکان در جهت مصرف آن جابه‌جا می‌شود.

برای تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده می‌توان از روش دیگری نیز بهره برد. روشی که در آن حجم سامانه در دمای ثابت تغییر می‌کند. برای نمونه اگر تعادل:

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

در سیلندری مجهز به پیستون روان (شکل ۷ـ آ) برقرار باشد، با افزایش فشار بر روی پیستون می‌توان حجم چنین سامانه‌ای را در دمای ثابت کاهش داد (شکل ۷ـ ب).



شکل ۷ـ کاهش حجم سامانه تعادلی در دمای ثابت

یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که کاهش حجم این سامانه سبب می‌شود تعادل در جهت رفت جابه‌جا شود، به‌طوری که در تعادل جدید شمار مول‌های آمونیاک افزایش یافته و شمار مول‌های نیتروژن و هیدروژن کاهش می‌یابد اما ثابت تعادل تغییری نمی‌کند (شکل ۸).

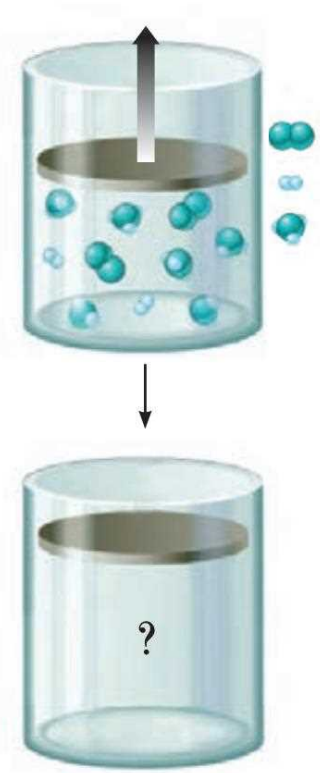
کمتر شده غلظت

شکل ۸ـ برقراری تعادل جدید برای کاهش اثر فشار

این جابه‌جایی نشان می‌دهد که کاهش حجم سامانه گازی در دمای ثابت، تعادل را در جهت مول‌های گازی کمتر جابه‌جا می‌کند. (↓ حجم ← سمت ↓ mol(g))

خود را بیازمایید

اثر تغییر حجم (فشار) بر جابه‌جایی تعادل



۱ـ اگر در سامانه‌ای به شکل روبه‌رو، پیستون بیرون کشیده شود تا در دمای ثابت، حجم آن افزایش یابد:

آ) پیش‌بینی کنید تعادل در کدام جهت جابه‌جا می‌شود؟ چرا؟

ب) با این تغییر، شمار مول‌های آمونیاک چه تغییری می‌کند؟

۲ـ با خط زدن واژه نادرست در هر مورد عبارت زیر را کامل کنید.

هنگامی که در دمای ثابت، فشار بر یک تعادل گازی $\frac{\text{افزایش}}{\text{کاهش}}$ می‌یابد، واکنش در جهت شمار مول‌های گازی $\frac{\text{کمتر}}{\text{بیشتر}}$ پیش می‌رود تا به تعادل $\frac{\text{جدید}}{\text{آغازی}}$ برسد.

۳ـ پیش‌بینی کنید در دمای ثابت با افزایش فشار بر سامانه تعادلی زیر:

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$

آ) شمار مول‌های هر یک از مواد شرکت کننده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

ب) غلظت مولی هر یک از مواد شرکت‌کننده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

توجه کنید! با اینکه شمار مول‌های شرکت‌کننده ثابت می‌ماند امّا با افزایش فشار یا کاهش حجم سامانه، غلظت همه گونه‌ها زیاد می‌شود

پی بردید که کاهش حجم یک سامانه محتوی تعادل گازی یا افزایش فشار بر این سامانه در دمای ثابت سبب می‌شود که تعادل در جهت شمار مول‌های گازی کمتر جابه‌جا شود زیرا هرچه شمار مول‌های گاز موجود در یک سامانه کمتر باشد، شمار برخورد مولکول‌ها به دیواره‌ها کمتر و در نتیجه فشار گاز کمتر خواهد شد. بدیهی است که افزایش فشار بر یک واکنش تعادلی با شمار مول‌های گازی برابر در دو سوی معادله واکنش، تأثیری بر جابه‌جایی تعادل نخواهد داشت.

دما، عاملی برای جابه‌جایی تعادل و تغییر K

اثر دما بر تعادل و ثابت تعادل

با رفتار تعادل گازی در برابر تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده و تغییر فشار وارد بر سامانه در دمای ثابت آشنا شدید، رفتاری که با اصل لوشاتلیه توجیه می‌شود.

تنها عاملی که افزون بر جابه‌جا کردن تعادل، توانایی تغییر K را نیز دارد، دماست. در واقع هنگامی که دمای یک سامانه محتوی تعادل گازی تغییر می‌کند، پس از رسیدن به تعادل جدید افزون بر تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده، K نیز تغییر خواهد کرد.

جالب اینکه اثر تغییر دما بر تعادل‌های گوناگون، یکسان نیست و به گرماده یا گرماگیر بودن آنها بستگی دارد.

گرماده: $A \rightleftharpoons B + Q\uparrow$ ، $K = \frac{[B]}{[A]} = \frac{\downarrow}{\uparrow} = \downarrow$

گرماگیر: $A + Q\uparrow \rightleftharpoons B$ ، $K = \frac{[B]}{[A]} = \frac{\uparrow}{\downarrow} = \uparrow$

با هم بیندیشیم

۱ـ جدول داده شده اثر دما را بر ثابت تعادل زیر نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$$2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$$

دما (°C)	۲۵	۲۲۵	۴۳۵
K	$2/5 \times 10^{-25}$	4×10^{-11}	4×10^{-5}

آ) عبارت ثابت تعادل را برای آن بنویسید.

ب) میزان پیشرفت واکنش در کدام دما بیشتر است؟ چرا؟

پ) با افزایش دما K چه تغییری کرده است؟ این تغییر، جابه‌جا شدن تعادل را در چه جهتی نشان می‌دهد؟

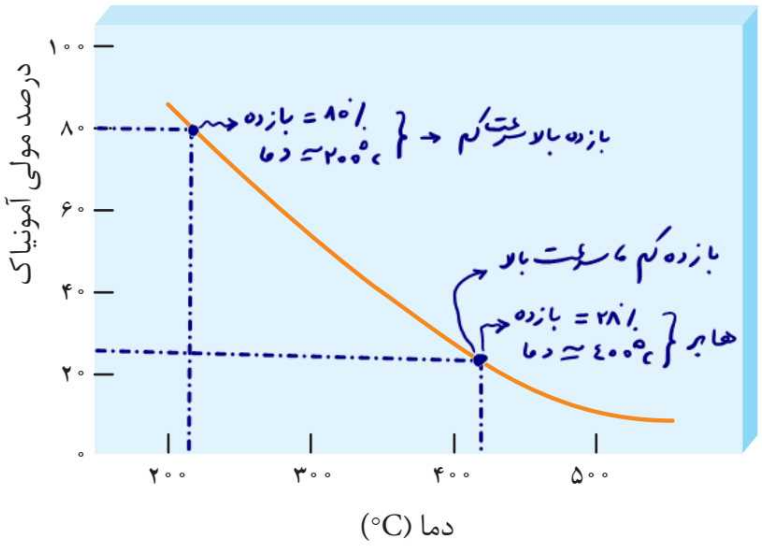
ت) اگر برای این واکنش $\Delta H > 0$ باشد، جا به جا شدن تعادل و افزایش K را به کمک اصل لوشاتلیه توجیه کنید.

۲ـ با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

هنگامی که دمای یک سامانه تعادلی افزایش می یابد، واکنش در جهت $\frac{\text{مصرف}}{\text{تولید}}$ گرما پیش می‌رود، اگر این واکنش گرماگیر باشد مقدار $\frac{\text{فراورده‌ها}}{\text{واکنش‌دهنده‌ها}}$ در سامانه کاهش می‌یابد.

۳ـ نمودار زیر درصد مولی آمونیاک را برای سامانه تعادلی زیر در فشار ثابت نشان می‌دهد. باتوجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

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



آ) با افزایش دما درصد مولی آمونیاک در سامانه چه تغییری می کند؟

ب) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟

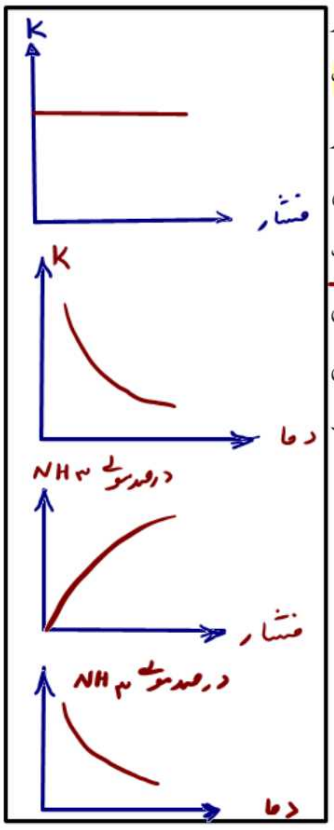
پ) مقدار ثابت تعادل آن در سه دمای ۲۵، ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس به صورت زیر است.

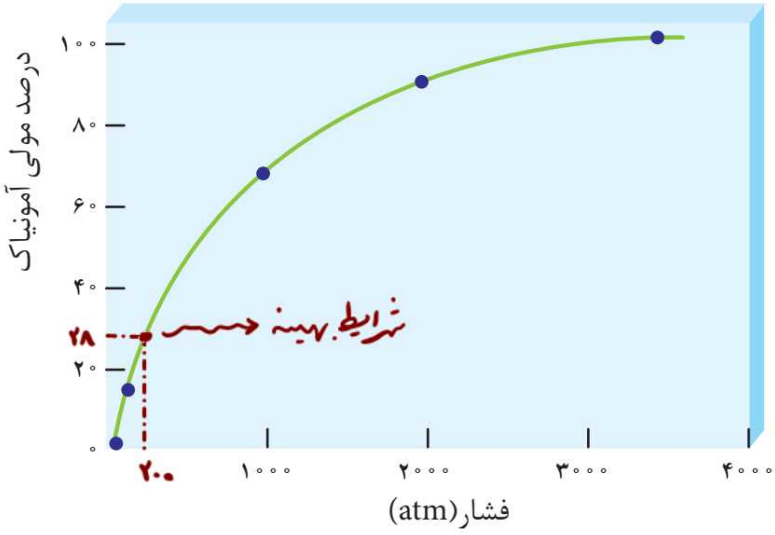
$K_۱ = ۶/۲ \times ۱۰^{-۴}$ ، $K_۲ = ۲/۲۴$ ، $K_۳ = ۶/۰ \times ۱۰^{۵}$

کدام یک، ثابت تعادل را در دمای اتاق نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

نمودارهای هابر

تاکنون آموختید که با تغییر غلظت، فشار و دما می‌توان سامانه‌های تعادلی را در جهت دلخواه جابه‌جا کرد. فریتس هابر نیز انتظار داشت که با تغییر این عوامل بتواند مقدار آمونیاک را در مخلوط تعادلی افزایش دهد. او می‌دانست که با افزایش دما و تأمین انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت. از این‌رو واکنش را در دماهای بالاتر بررسی کرد. دماهایی که در آنها واکنش با سرعت چشمگیری انجام می‌شد، اما با پیشرفت کمی به تعادل می‌رسید به‌طوری که سامانه محتوی مخلوطی از هر سه گاز بود. جالب اینکه او هر چه دما را بالاتر می‌برد، درصد مولی آمونیاک در مخلوط کاهش می‌یافت (چرا؟). هابر دریافت که افزایش دما نمی‌تواند برای تولید آمونیاک بیشتر ثمربخش باشد. او با استفاده از کاتالیزگر توانست واکنش را در دماهای پایین‌تر با سرعت مناسب انجام دهد، هرچند که هنوز هم درصد مولی آمونیاک در مخلوط مطلوب نبود. او برای رفع این مشکل، از افزایش فشار بر سامانه بهره برد (نمودار ۳).





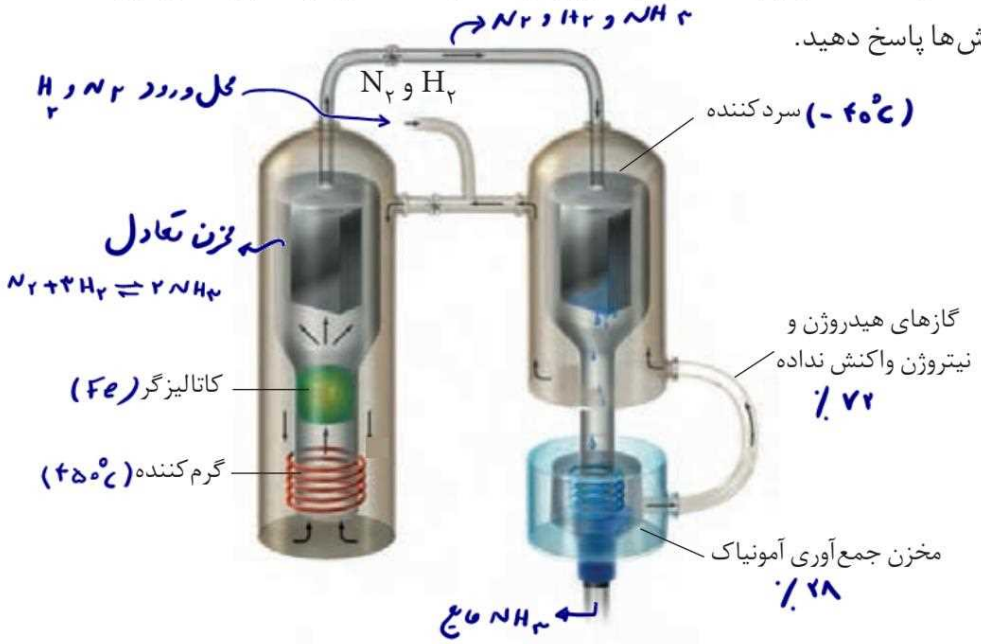
نمودار ۳ـ در دمای ثابت، با افزایش فشار درصد مولی آمونیاک در سامانه افزایش می‌یابد.

به این ترتیب هابر توانست شرایط بهینه برای تولید آمونیاک را بیابد. شرایطی که در آن، تنها ۲۸ درصد مولی مخلوط را آمونیاک تشکیل می‌دهد. در پایان برای جداسازی آمونیاک از مخلوط واکنش، از تفاوت آشکار در نقطه جوش آمونیاک با دو گاز دیگر استفاده کرد.

فرایند هابر نمونهٔ تاریخی جالبی از تأثیر پیچیدهٔ شیمی بر زندگی ماست. هرچند تولید آمونیاک باعث طولانی‌ترشدن جنگ جهانی اول گردید، اما به دنبال آن شرایط تولید کودهای شیمیایی و افزایش بازدهی فراورده‌های کشاورزی فراهم شد.

خود را بیازمایید

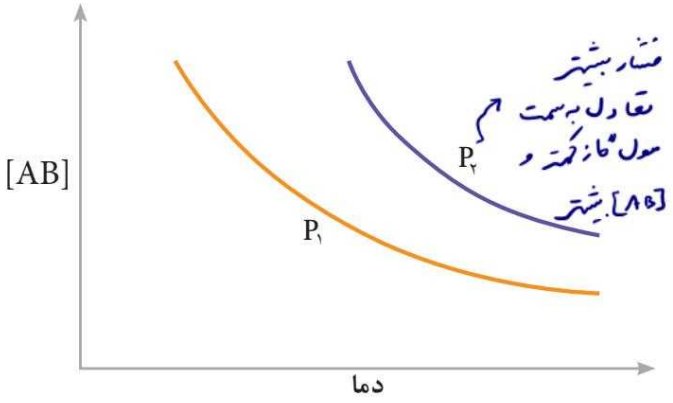
۱ـ با توجه به شکل زیر که نمایی از فناوری تولید آمونیاک به روش هابر را نشان می‌دهد به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) در مورد روش کار هابر در این فناوری با یکدیگر گفت‌وگو کنید.

ب) اگر نقطه جوش آمونیاک، نیتروژن و هیدروژن به ترتیب ۳۳-، ۱۹۶- و ۲۵۳- درجه سلسیوس باشد، کدام دما (۴۰۰°C- یا ۲۰۰-) را برای سردکننده مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

۲ـ نمودار زیر تغییر غلظت فراورده را برای واکنش تعادلی $A(g) + B(g) \rightleftharpoons AB(g)$ در دو شرایط متفاوت نشان می‌دهد.



آ) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟

ب) فشار P_2 از P_1 بزرگ‌تر است یا کوچک‌تر؟ پاسخ خودرا توضیح دهید.

تست۴۱: تعادل: در واکنش به حالت تعادل: $N_2O_4(g) \rightleftarrows 2NO_2(g)$ کدام مطالب درست است؟

۱ غلظت واکنش‌دهنده‌ها با فرآورده‌ها برابر است.

۲ غلظت NO_2 و N_2O_4 در لحظه‌ی تعادل متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌ها است.

۳ الزاماً این تعادل در یک ظرف سربسته برقرار شده است.

۴ مجموع تعداد مول‌های NO_2 و N_2O_4 از لحظه‌ی آغاز تا رسیدن به تعادل روندی کاهشی داشته است.

۵ سرعت مصرف NO_2 و سرعت تولید N_2O_4 در لحظه‌ی تعادل برابر است.

تست۴۲: تعادل: در ظرفی یک‌لیتری، مقدار دو مول گاز NO و ۱ مول گاز O_2 وارد می‌کنیم تا تعادل گازی $2NO + O_2 \rightleftarrows 2NO_2$ برقرار شود، کدام مطالب درست است؟

۱ سرعت تولید O_2 تا رسیدن به تعادل افزایش می‌یابد.

۲ پس از تعادل غلظت NO و NO_2 با هم برابر است.

۳ غلظت NO_2 بعد از تعادل دو برابر غلظت O_2 است.

۴ غلظت NO بعد از تعادل ۲ برابر غلظت O_2 است.

تست۴۳: تعادل: با توجه به جدول داده شده که به واکنش گازی: $2SO_3 \longrightarrow 2SO_2 + O_2$ مربوط است کدام عبارت درست است؟

غلظت / زمان t(s)	$[SO_2]$	$[O_2]$	$[SO_3]$
t = ۰	۲	۱	۰
t = ۱۰	۱/۲	۰/۶	۰/۸
t = ۲۰	۰/۷	۰/۳۵	۱/۳
t = ۳۰	۰/۷	۰/۳۵	۱/۳

۱ با گذشت زمان در شرایط آزمایش غلظت نهایی SO_3 به دو مولار می‌رسد.

۲ در ثانیه‌ی t = ۱۰ واکنش درحالت تعادل قرار دارد.

۳ در t = ۲۰(s) سرعت واکنش رفت با سرعت واکنش برگشت برابر است.

۴ مجموع غلظت مواد موجود در واکنش همواره عدد ثابتی بوده است.

تست۴۴: ثابت تعادل: رابطه ثابت تعادل را برای واکنش‌های تعادلی زیر تعریف کنید و واحد آن را بنویسید.

۱) $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2SO_3(g)$

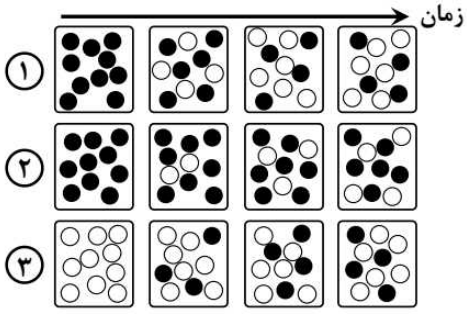
۲) $H_2(g) + I_2(s) \rightleftarrows 2HI(g)$

۳) $HF(aq) \rightleftarrows H^+(aq) + F^-(aq)$

۴) $NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows NH_4^+(aq) + OH^-_{(aq)}$

۵) $Fe_3O_4(s) + 4CO(g) \rightleftarrows 3Fe(s) + 4CO_2(g)$

تمرین۴۵: ثابت تعادل: فرآیند بین مولکول‌های A (گلوله سیاه) و مولکول‌های B (گلوله سفید) را به‌صورت $A(g) \rightleftarrows B(g)$ در شرایط یکسان درنظر بگیرید، هریک از مجموعه شکل‌های زیر آزمایش متفاوتی را با گذشت زمان نشان می‌دهد.

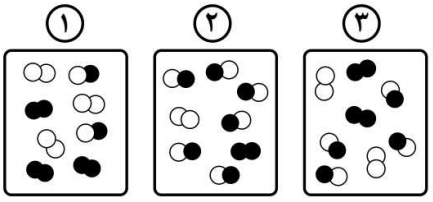


آ) کدام آزمایش(ها) به یک تعادل منجر شده است؟

ب) مقدار ثابت تعادل برای واکنش گازی $A \rightleftarrows B$ را حساب کنید.

ج) آیا محاسبه‌ی K تعادل بدون داشتن حجم ظرف در تعادل فوق امکان‌پذیر است؟

تمرین۴۶: ثابت تعادل: تصویرهای زیر حالت تعادل برای سه واکنش مختلف گازی به‌صورت $A_2 + X_2 \rightleftarrows 2AX$ ($X = B$ یا C یا D) را نشان می‌دهد؟



۱) کدام‌یک بیش‌ترین ثابت تعادل را دارد؟

۲) کدام‌یک کم‌ترین ثابت تعادل را دارد؟

تست۴۷: مسئـله: در یک ظرف پنج‌لیتری دربسته، طبق معادله‌ی زیر، مقداری از گازهای هیدروژن و کربن دی‌سولفید وارد شده است. اگر در لحظه تعادل ۰/۱ مول از هر واکنش‌دهنده، ۰/۵ مول گاز متان و ۱ مول گاز هیدروژن سولفید در مخلوط تعادلی وجود داشته باشد، مقدار K (برحسب $L^2 \cdot mol^{-2}$) کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۸)

$CS_2(g) + 4H_2(g) \rightleftarrows CH_4(g) + 2H_2S(g)$

۱) $6/25 \times 10^5$

۲) $6/25 \times 10^6$

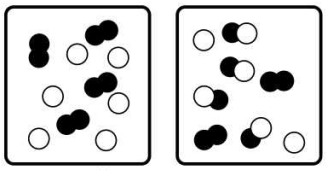
۳) $1/25 \times 10^5$

۴) $1/25 \times 10^6$

تست۴۸: مسئـله: در تعادل $CO(g)+2H_2(g)\rightleftarrows CH_3OH(g)$، مقدار K در دمای $257^\circ C$ برابر $0/25 mol^{-2}\cdot L^2$ است. اگر درحالت تعادل در ظرف ۲لیتری مقداری ۰/۵۶ گرم گاز کربن مونواکسید و ۰/۱۶ گرم گاز هیدروژن درون ظرف باشد، با کاهش دما به‌صورت سریع تا $-20^\circ C$، حداکثر چند گرم متانول می‌توان تهیه کرد؟ $(H=1, C=12, O=16 : g/mol)$

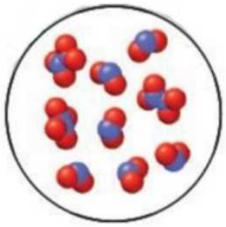
۱) $1/28\times10^{-2}$
۲) $2/56\times10^{-2}$
۳) $2/56\times10^{-4}$
۴) $1/28\times10^{-4}$

تست۴۹: مسئـله: با توجه به شکل‌های زیر اگر گلوله‌های سفید نشان‌دهنده X و گلوله‌های سیاه نشان‌دهنده‌ی A باشد و هر گلوله معادل ۰/۱ مول ماده درنظر گرفته شود و حجم ظرف دولیتر باشد، K تعادل کدام است؟



۱) ۴۰
۲) ۲۰
۳) ۱۰
۴) ۸۰

تست۵۰: مسئـله: در ظرف روبه‌رو غلظت‌های $NO_2(g)$ و $N_2O_4(g)$ با گذشت زمان تغییری نکرده است، اگر هر گلوله برابر با ۰/۱ مول باشد و K تعادل برابر با $2/5 mol^{-1}\cdot L$ باشد، حجم ظرف چند لیتر است؟



۱) ۲
۲) ۳
۳) $\frac{1}{2}$
۴) $\frac{1}{3}$

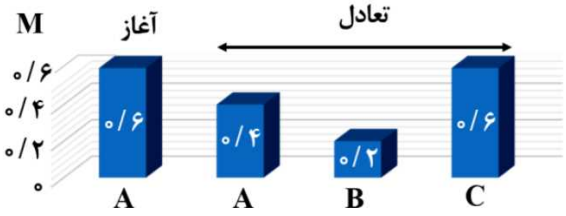
تست۵۱: مسئـله: مقداری آمونیوم هیدروژن سولفید $(NH_4HS(s))$ را در ظرفی به حجم ۲۵۰ml حرارت می‌دهیم تا براساس تعادل $NH_4HS(s) \rightleftarrows NH_3(g) + H_2S(g)$ تجزیه شود. اگر $K=0/16 mol^2\cdot L^{-2}$ و پس از تعادل ۰/۵۱ گرم آمونیوم هیدروژن سولفید درون ظرف واکنش باشد، مقدار اولیه $NH_4HS(s)$ چند گرم بوده است؟ $(N=14, H=1, O=16, S=32 g/mol)$

۱) ۵/۶۱
۲) ۵۶۱
۳) ۱/۵۳
۴) ۱۵۳

تست ۵۲: مسئـــله: مقداری $NH_3(g)$ را در ظرفی به حجم دولیتر وارد می‌کنیم تا تعادل گازی $2NH_3 \rightleftarrows N_2 + 3H_2$ برقرار شود. اگر تعداد مولکول‌های N_2 نصف تعداد مولکول‌های آمونیاک و $K = 6/75 mol^2 \cdot l^{-2}$ باشد، چند گرم هیدروژن در ظرف به حالت تعادل وجود دارد؟ $(H = 1 g/mol)$

۱) ۶
۲) ۱۲
۳) ۳
۴) ۴

تمرین ۵۳: مسئـــله: با توجه به اطلاعات داده شده، K تعادل واکنش را به‌دست بیاورید.



تست ۵۴: مسئـــله: در ظرفی به حجم ۲ لیتر، ۶ مول گاز گوگرد دی‌اکسید و ۸ مول گاز اکسیژن وارد می‌کنیم تا تعادل گازی $2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3$ برقرار شود، پس از برقراری تعادل فوق، ۲/۴ مول گاز گوگرد تری‌اکسید تولید شده است، K تعادل فوق به تقریب چقدر است؟

۱) ۰/۱۳
۲) ۰/۰۶
۳) ۰/۲۶
۴) ۰/۳۹

تست ۵۵: مسئـــله: در ظرفی به حجم $3L$ مقدار ۵ مـول گـاز هیـدروژن و ۵ مـول گـاز یـد وارد مـی‌کنیم تـا تعـادل گـازی $2HI \rightleftarrows H_2 + I_2$ با $K = 16$ برقرار شود پس از برقراری تعادل فوق، غلظت HI چند مولار است؟

۱) $\frac{10}{9}$
۲) $\frac{20}{9}$
۳) $\frac{10}{3}$
۴) $\frac{20}{3}$

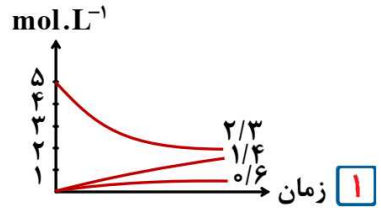
تست ۵۶: مسئـله: در ظرفی به حجم ۱ لیتر مقدار ۳ مول گاز نیتروژن و ۲/۴ مول گاز هیدروژن وارد می‌کنیم پس از برقراری تعادل، مجموع تعداد مول‌های موجود در تعادل ۴/۸ مول است. K تعادل واکنش زیر به تقریب چقدر است؟

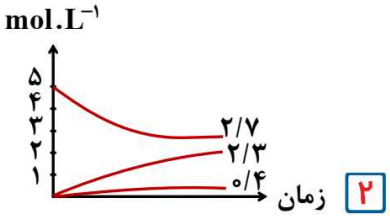
$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftarrows 2NH_3(g)$$

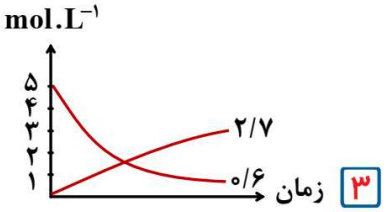
۱) ۰/۰۴
۲) ۰/۰۹
۳) ۰/۱۲
۴) ۰/۰۸

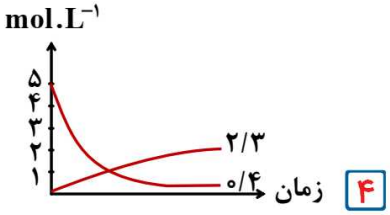
تست ۵۷: مسئـله: اگر واکنش تعادلی: $2NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + O_2(g)$ ، $K = 49$، در یک ظرف دولیتری، با ۱۰ مـول $NO(g)$ در شرایط مناسب آغاز شود، کدام نمودار نشان‌دهنده روند تقریبی تغییر غلظت مواد تا برقرار شدن حالت تعادل است؟

(ریاضی خارج از کشور ـ ۱۴۰۰)

۱)


۲)


۳)


۴)


تست ۵۷: مسئـله: مقـدار ۰/۰۹ مـول گـاز SO_3 در ظرفـی بـه حجـم معـین حـرارت مـی‌دهیم تـا تعـادل گـازی $2SO_3 \rightleftarrows 2SO_2 + O_2$ برقرار شود پس از تعادل تعداد مول‌های O_2 برابر ۰/۰۳ مول و $K = 0/03$ است. حجم ظرف چنـد لیتر است؟

۱) ۲
۲) ۵
۳) ۴
۴) ۸

ارزش فناوری‌های شیمیایی

نفت خام، گاز طبیعی، زغال‌سنگ و معادن مس، آهن، طلا، مرمر و فیروزه از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به‌طور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. به‌همین دلیل برخی کشورها، صادرکننده این منابع و برخی دیگر واردکننده آنها هستند. در واقع برخی کشورهای دنیا با کسب درآمد از فروش منابع خود زمینه آسایش، رشد و توسعه را فراهم می‌کنند. نکته مهمی که باید به آن توجه کرد این است که بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به‌دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. فرایندی که به خام فروشی منابع معروف است. روش دیگر این است که به کمک فناوری‌های شیمیایی مواد خام و اولیه را به فراورده‌های دیگر تبدیل کرد تا بتوان به قیمت بالاتری به فروش رساند. برای نمونه فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است و راه دیگر آن، پالایش نفت خام و تبدیل آن به فراورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین و ...است. خام فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن آهن، مس، روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه نیز صادق است. برای نمونه قیمت یک تن مس خالص در بازارهای جهانی به هزاران برابر قیمت یک تن سنگ معدن مس می‌رسد. این تفاوت چشمگیر نشان می‌دهد که دانش و فناوری استخراج و خالص‌سازی تا چه اندازه ارزشمند است (شکل ۹).

شکل ۹ـ مس، از سنگ معدن تا فلز (مس سرچشمه کرمان)

در شیمی ۲ با درصد خلوص مواد شیمیایی آشنا شدید، کمیتی که بر روی قیمت تمام‌شده آنها نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. هر چه درصد خلوص ماده شیمیایی بیشتر باشد، قیمت آن نیز بیشتر خواهد بود. برای نمونه قیمت فلز مس با خلوص ۹۹/۹ درصد نسبت به فلز مس با خلوص ۹۶ درصد به‌طور چشمگیری بیشتر است. به‌همین دلیل فناوری‌های جداسازی و خالص‌سازی مواد یکی از فناوری‌های پیشرفته، گران، پرکاربرد و در عین حال کارآفرین و درآمدزا به‌شمار می‌رود.

خود را بیازمایید

با توجه به شکل‌های زیر که قیمت تقریبی نفت خام و چند فراورده نفتی را نشان می‌دهد به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آ) با جست‌و جو در منابع معتبر، جدول زیر را کامل کنید.

نام ماده	روغن موتور	متانول	اتیلن گلیکول	پلی اتن	اتانول
قیمت ۱۵۹ لیتر یا کیلوگرم (ریال)	.....	.....	.....	.....	.....

ب) درباره جمله زیر گفت‌وگو کنید.

«**به‌کارگیری فناوری و تبدیل مواد خام به مواد فراوری شده، سبب رشد و بهره‌وری اقتصاد یک کشور می‌شود.**»

تعریف فناوری: فناوری را می‌توان به‌کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست. فناوری ارتباطات، کشاورزی، غذایی، نظامی، دارویی، الکترونیکی و آموزشی از جمله فناوری‌هایی هستند که بشر امروزی از آنها برای حل مسائل خود بهره می‌برد. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. برای نمونه دانشمندان و مهندسان با استفاده از دانش مواد و دانش الکتریسیته و مغناطیس، وسایلی

مانند تلفن و رایانه همراه و بی‌سیم طراحی و تولید می‌کنند، وسایلی که مشکل برقراری ارتباط را برطرف می‌سازند. شیمی‌دان‌ها نیز با استفاده از دانش شیمی، مواد جدیدی می‌سازند یا روشی برای ساخت آسان‌تر و با صرفه‌تر آنها ارائه می‌کنند. آنها همچنین به دنبال یافتن روش، طراحی و ساخت دستگاه‌هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد هستند. هریک از این موارد بیانی از فناوری شیمیایی است (شکل ۱۰).

● مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آنها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.

شکل ۱۰ـ روند کلی افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی

در این درس به بررسی فناوری ساخت مواد شیمیایی جدید خواهیم پرداخت. اینکه شیمی‌دان‌ها چگونه و با چه روشی یک ماده شیمیایی را می‌سازند؟ بر چه اساسی مواد اولیه را انتخاب می‌کنند؟

گروه عاملی، کلید سنتز مولکول‌های آلی

● **سنتز** یک فرایند شیمیایی هدفمند است که در آن با استفاده از مواد ساده‌تر، مواد شیمیایی دیگر را تولید می‌کنند.

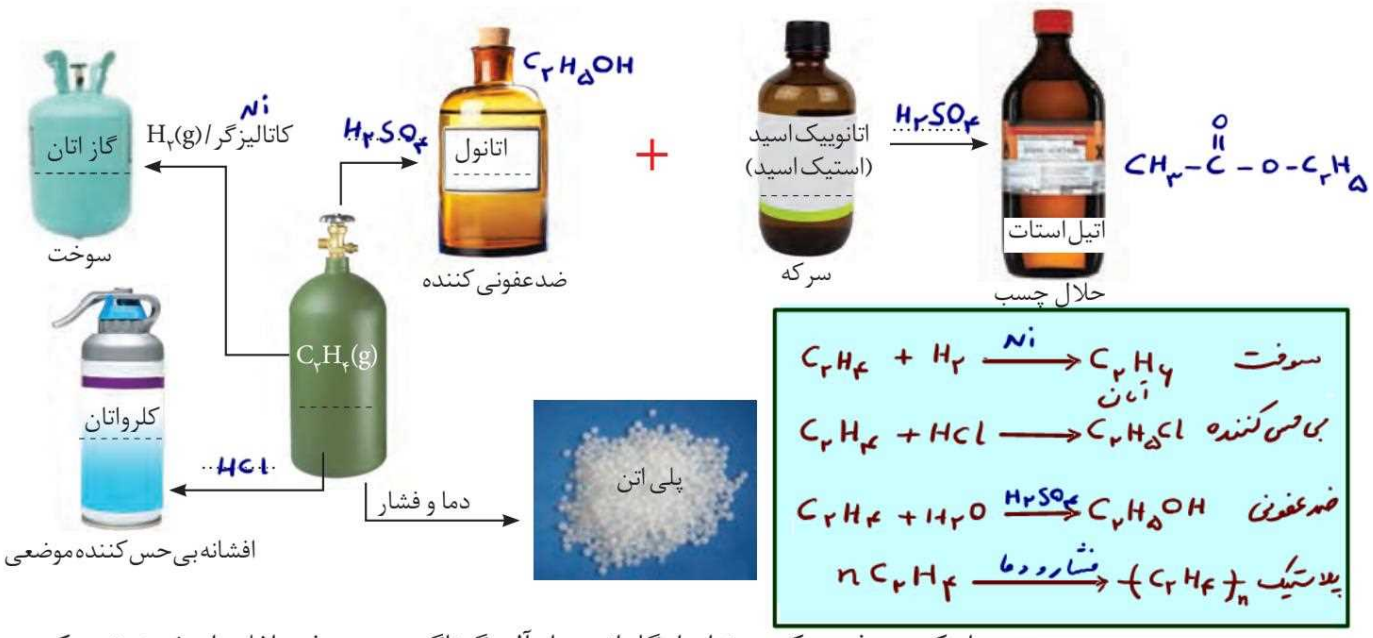
یکی از لذت‌بخش‌ترین فناوری‌های شیمیایی، سنتز مواد نو از جمله رنگ‌دانه‌ها، خوشبوکننده‌ها، داروهای ضدسرطان، الیاف، سوخت‌های دوستدار محیط زیست و مواد هوشمند است. در واقع سنتز را می‌توان کانون بسیاری از پژوهش‌های شیمیایی دانست که منجر به طراحی و تولید مواد جدید می‌شود.

می‌دانید که اغلب مواد آلی شامل گروه‌های عاملی گوناگون هستند. گروه‌هایی که خواص و رفتار مواد آلی را تعیین می‌کنند. تولید یک ماده آلی جدید می‌تواند با تغییر ساختار یا ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد. شیمی‌دان‌ها به کمک دانش مربوط به ساختار و رفتار گروه‌های عاملی و دانستن شرایط و عوامل مؤثر بر انجام واکنش‌های شیمیایی از مواد خام یا اولیه در دسترس، ماده‌ای نو برای کاربردی معین سنتز می‌کنند. در این فرایندها، شیمی‌دان‌ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون، گروه‌های عاملی موجود در یک ماده آلی را تغییر داده و به گروه عاملی دیگر تبدیل می‌کنند. برای نمونه در شیمی ۲ آموختیدکه برای سنتز یک استر می‌توان از واکنش یک اسید آلی با یک الکل در شرایط مناسب بهره برد.

خود را بیازمایید

اتن مهمترین خوراک پتروشیمی

در نمودار زیر جاهای خالی را با نوشتن نام یا فرمول ماده شیمیایی پر کنید.



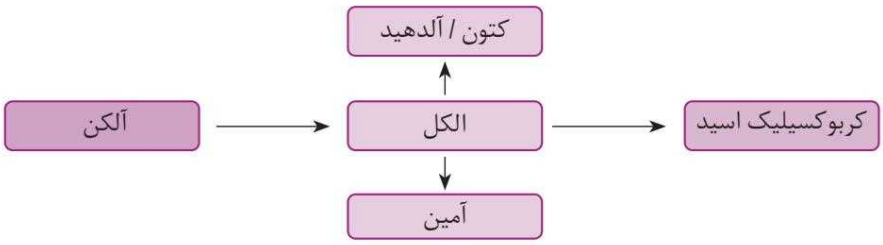
$C_2H_4 + H_2 \xrightarrow{Ni} C_2H_6$ سوخت — آتان

$C_2H_4 + HCl \longrightarrow C_2H_5Cl$ بی‌حس کننده

$C_2H_4 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} C_2H_5OH$ ضدعفونی

$n\,C_2H_4 \xrightarrow{\text{فشار و دما}} (C_2H_4)_n$ پلاستیک

اینک می‌پذیرید که می‌توان از گاز اتن مواد آلی گوناگون پر مصرف و اغلب ارزشمند تهیه کرد. این گاز یکی از مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع پتروشیمی است. به‌همین ترتیب با استفاده از مواد مناسب و واکنش‌های شیمیایی می‌توان مواد آلی گوناگون را به یکدیگر تبدیل کرد (نمودار ۴).



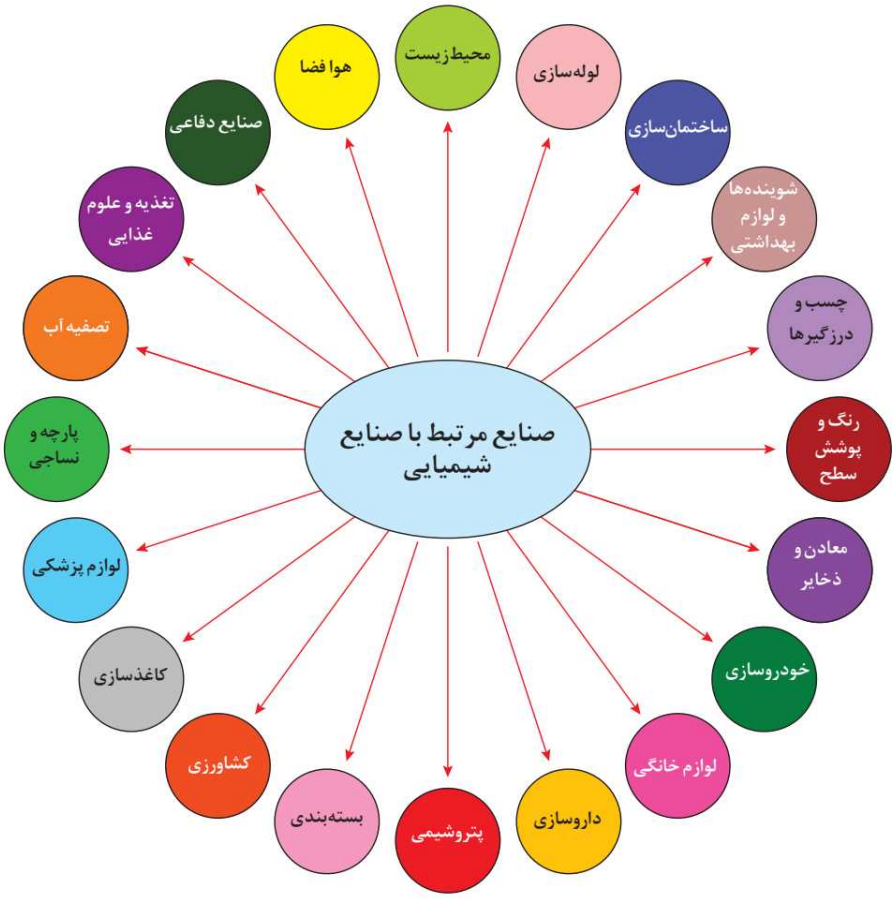
نمودار ۴ـ تبدیل برخی مواد آلی به یکدیگر

بدیهی است هرچه نوع و شمار گروه‌های عاملی در مولکول هدف بیشتر باشد، ساخت آن دشوارتر بوده و به دانش پیشرفته‌تر و فناوری کارآمدتری نیاز دارد. توجه داشته باشید که بازده واکنش، هزینه مواد و انرژی مصرف شده برای تولید ماده هدف به نوع واکنش و فناوری به‌کاررفته بستگی دارد. از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن مواد مناسب، ارزان و دوستدار محیط زیست، همچنین واکنش‌های شیمیایی آسان و پربازده هستند تا هزینه تمام شده تولید یا سنتز را کاهش دهند. در گام بعد دانش مهندسی برای تولید صنعتی آن ماده، فناوری لازم را طراحی و اجرا می‌کند.

* گروه عاملی آلکنی مستقیم به اتمکلی تبدیل می‌شود
* از اتکل می‌توان مستقیم آلدهید، کتون، آمین و اسید بدست آورد.
* گروه عاملی آلکنی طی دو مرحله می‌تواند به گروه عاملی در استیک اسید تبدیل شود.

* متانول CH_3OH
اتانول C_2H_5OH
فرمالدهید - متانال $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$
استالدهید - اتانال $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$
پروپانون $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$
اتانوئیک اسید $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$
متیل آمین CH_3-NH_2

صنایع شیمیایی یکی از بزرگ‌ترین صنایع کشور ما ایران است. کارخانه‌ها و شرکت‌های بسیار زیادی در این صنعت فعال هستند. تولیدات صنایع شیمیایی یا به‌طور مستقیم در زندگی روزانه ما مصرف می‌شوند یا برای تولید مواد و کالاهای جدید در صنایع دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌همین دلیل صنایع شیمیایی بر صنایع دیگر تأثیر می‌گذارد، به‌طوری که هرچه صنایع شیمیایی پیشرفته‌تر باشند و مواد با کیفیت بالایی تولید کنند، کالاها و محصولات تولید شده در شرکت‌ها و کارخانه‌های دیگر نیز کیفیت بالاتری خواهند داشت. در شکل زیر اغلب صنایعی که از تولیدات صنایع شیمیایی استفاده می‌کنند، نشان داده شده است.



ساخت بطری آب

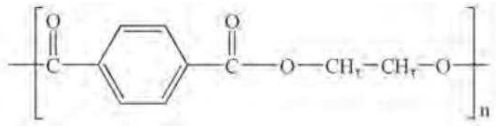
سالانه شمار بسیار زیادی بطری پلاستیکی برای نگهداری و بسته‌بندی آب آشامیدنی تولید می‌شود. بطری آب از پلیمری به نام **پلی اتیلن ترفتالات**[1] (PET) ساخته می‌شود. برای ساخت این بطری، نخست پلیمر آن را تهیه می‌کنند. سپس این پلیمر را به همراه برخی افزودنی‌ها در قالب‌های ویژه‌ای می‌ریزند تا به شکل بطری مورد نظر درآید.

PET = پت ، ترپلن
ترپلن
ترفتالیک اسید
اتیلن گلیکول

- یکی از حقوق مصرف‌کنندگان این است که کالاهای تولید شده در صنایع گوناگون، از خلوص و کیفیت مناسب و بالایی برخوردار باشند. در این راستا و برای اطمینان خاطر مصرف‌کنندگان همه کالاها باید برچسب مشخصات و انواع مواد سازنده را داشته باشند. همچنین باید محتویات این برچسب‌ها توسط متخصصان شاغل در هر کارخانه تأیید شده باشد. بر همین اساس، یکی از جنبه‌های مهم در همه صنایع شیمیایی، کنترل کیفی فراورده‌های تولید شده است. افراد شاغل در این پست باید دانش علوم تجربی و شیمی قوی داشته باشند. برای فهم بهتر، به این مثال توجه کنید: برچسب خوراکی‌ها، خواص تغذیه‌ای آنها را مشخص می‌کند. اگر بدن شما به یک ماده غذایی، افزودنی یا نگهدارنده حساسیت دارد، این حق شماست که بدانید خوراکی‌ای که خریداری می‌کنید، از چه موادی تشکیل شده است. بنابراین باید روی برچسب مواد غذایی اطلاعات دقیق آن نوشته شده باشد.
- بخش کنترل کیفی در هر کارخانه‌ای موظف است که با استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی دقیق و روزآمد و استفاده از ابزارها و دستگاه‌های اندازه‌گیری، محتویات و اجزای سازنده محصولات و مقدار آنها را تعیین و کنترل کند.

خود را بیازمایید

فرمول ساختاری پلیمر سازنده بطری آب به شکل زیر است. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

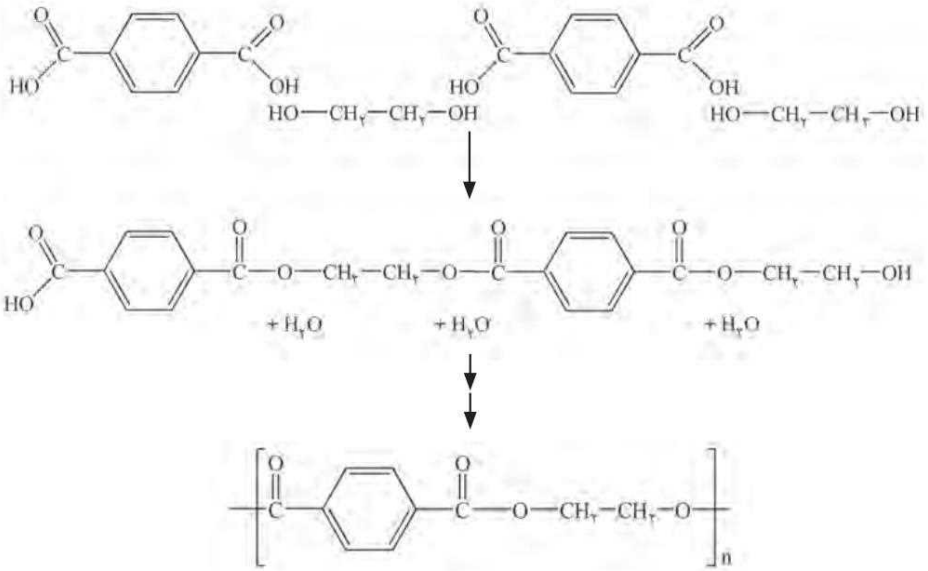


آ) این پلیمر از کدام دسته پلیمرهاست؟ چرا؟

ب) ساختار مونومرهای سازنده این پلیمر را رسم کنید.

با توجه به آنچه که آموخته‌اید برای سنتز این پلیمر چه پیشنهادی دارید؟ پاسخ شما درست است، از واکنش مونومرهای سازنده این پلیمر یعنی اتیلن گلیکول (الکل دوعاملی) با ترفتالیک اسید (اسید دوعاملی) در شرایط مناسب می‌توان پلی اتیلن ترفتالات را سنتز کرد.

شکل ۱۱، الگوی تشکیل این ماده را نشان می‌دهد.



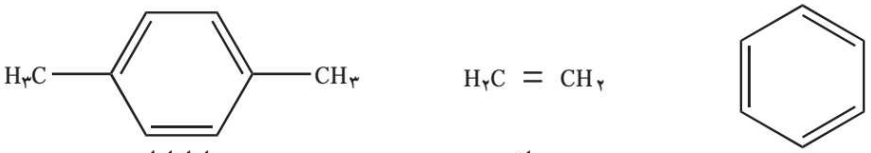
شکل ۱۱ـ الگوی تولید PET

اما مسئله این است که اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در نفت خام وجود ندارند. به دیگر سخن، به‌طور مستقیم نمی‌توان آنها را از نفت خام به‌دست آورد. پس چه باید کرد؟ در اینجا، با بهره‌گیری از دانش شیمی می‌توان این مواد را با استفاده از مواد خام و اولیه که از نفت خام جداسازی می‌شوند، سنتز کرد.

اکنون باید در نقش یک شیمی‌دان، مواد اولیه و در دسترس را بررسی و بر اساس آموخته‌های خود، مواد مناسب برای سنتز ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول را انتخاب کرد. سپس مواد اولیه انتخاب شده را در شرایط مناسب واکنش داده و به ماده مورد نظر تبدیل نمود.

با هم بیندیشیم

۱ـ بررسی‌ها نشان می‌دهند که می‌توان مواد زیر را طی فرایندهایی از نفت خام به‌دست آورد.



بنزن — اتن — پارازایلن

با بررسی فرمول‌های ساختاری زیر به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

ترفتالیک اسید — پارازایلن

آ) برای تهیه ترفتالیک اسید از پارازایلن، چه تغییری باید در ساختار پارازایلن ایجاد کرد؟

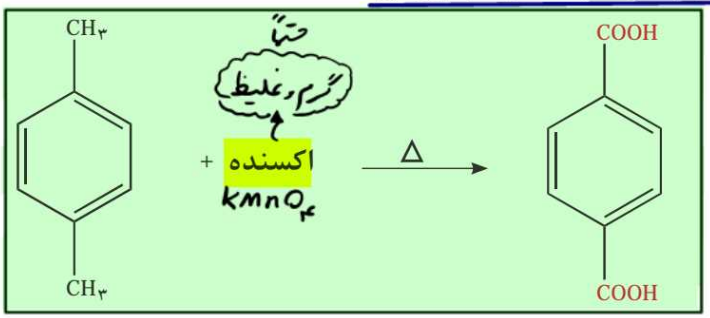
ب) عدد اکسایش اتم‌های کربن ستاره دار را در این دو ترکیب تعیین کنید.

پ) با توجه به آموخته‌های خود درباره واکنش‌های اکسایش ـ کاهش، برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید کدام دسته از مواد زیر را مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

☐ اکسنده‌ها ☐ کاهنده‌ها

شیمی سبز با طراحی مواد و فرایندهای شیمیایی مناسب سبب حذف یا کاهش مواد زیان‌آور و سمی و حرکت در مسیر توسعه پایدار می‌شود. توسعه پایدار به معنی بهره‌برداری هوشمندانه و مناسب از منابع برای تأمین نیازهای امروز بدون تحمیل هزینه به آیندگان تعریف می‌شود.

۲ـ پتاسیم پرمنگنات اکسنده‌ای است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب پارازایلن را با بازده نسبتاً خوب به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند.



آ) در این واکنش یون پرمنگنات به منگنز (IV) اکسید تبدیل می‌شود. تغییر عدد اکسایش اتم منگنز در این واکنش چند است؟(عدد اکسایش اتم منگنز در یون پرمنگنات برابر با ۷+ است).

$MnO_4^- \longrightarrow MnO_2$ (+۷ ← ۳e ← +۴)

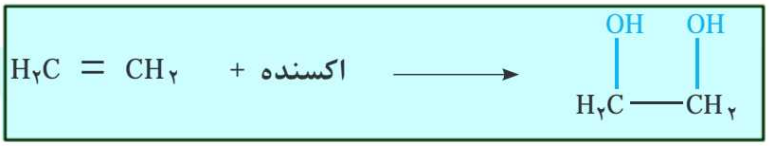
ب) انرژی فعال‌سازی این واکنش زیاد است یا کم؟ چرا؟ E_a زیاد است، زیرا برای اکسایش پارازایلن علاوه بر اکسنده قوی، گرما نیز نیاز است.

پی بردید که یون پرمنگنات گونه‌ای اکسنده است و سبب اکسایش گونه‌های دیگر می‌شود. با وجود غلظت بالای آن، باز هم شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود.

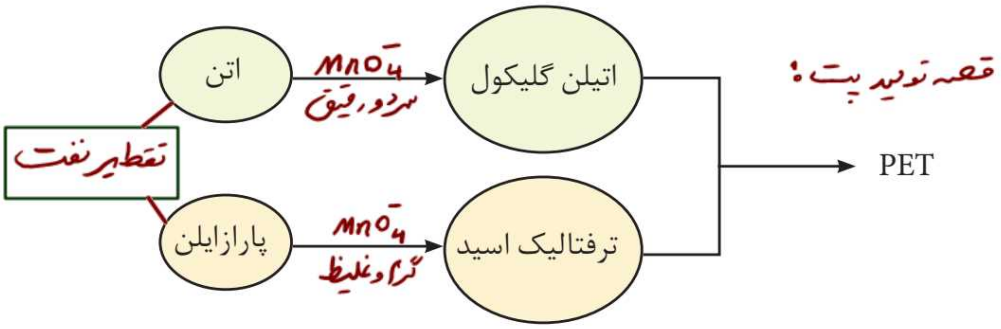
مگر آنکه دمای مخلوط واکنش افزایش یابد. با افزایش دما اگرچه شرایط انجام واکنش تأمین شده است اما بازده همچنان مطلوب نیست. همه اینها نشان می‌دهد که اکسایش پارازایلن به ترفتالیک اسید دشوار است. از این رو شیمی‌دان‌ها در پی یافتن شرایطی آسان‌تر برای انجام این واکنش با بازده بالا هستند. آنها با پژوهش‌های فراوان دریافتند که استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگرهای مناسب می‌تواند راهگشا باشد. البته پژوهش‌ها برای یافتن واکنشی پربازده و باصرفه اقتصادی همچنان ادامه دارد.

تاکنون تهیه یکی از واکنش‌دهنده‌های مورد نیاز برای سنتز پلیمر به‌کار رفته در بطری آب را فرا گرفتید. هرچند انجام این واکنش در مقیاس صنعتی بسیار پیچیده‌تر و دشوارتر از آن چیزی است که روی کاغذ نوشته می‌شود.

اینک دومین واکنش‌دهنده (اتیلن گلیکول) را باید تهیه کرد. برای سنتز اتیلن گلیکول، باید گاز اتن را با یک ماده شیمیایی مناسب و مؤثر واکنش داد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گاز اتن در اثر واکنش با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود.



اکنون می‌توان با انجام واکنش اتیلن گلیکول با ترفتالیک اسید (مونومرهای سازنده پلیمر) پلی اتیلن ترفتالات را سنتز کرد (شکل ۱۲).

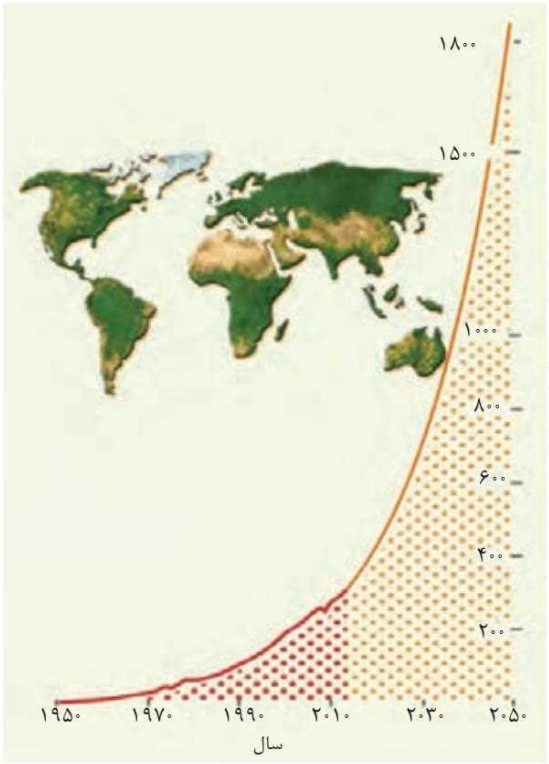


شکل ۱۲ـ فرایند کلی سنتز PET

این پلیمر همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی دارد و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود. به همین دلیل پسماند آنها تهدیدی جدی برای زندگی روی کره زمین به‌شمار می‌آید. بنابراین ضروری است بازیافت پلاستیک‌ها را به‌طور دقیق بررسی کنیم تا با نقش فناوری شیمیایی در بازیافت آنها آشنا شویم .

بازیافت PET

پلاستیک‌ها را می‌توان یکی از نتایج خلاقیت و نوآوری بشر دانست. این مواد به‌دلیل ویژگی‌هایی مانند ۱ چگالی کم، ۲ نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ۳ ارزان بودن و ۴ مقاومت در برابر خوردگی، کاربردهای وسیعی در زندگی پیدا کرده‌اند؛ به طوری که امروزه سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن از این مواد در جهان تولید می‌شود و این روند روبه افزایش است (نمودار ۵).



نمودار ۵ـ روند تولید پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ میلادی

استفاده بی‌رویه و بیش از حد این مواد در صنایع گوناگون به‌همراه زیست تخریب‌ناپذیری آنها سبب شده که درجای جای کره زمین یافت شوند. از این رو بازیافت آنها اجتناب‌ناپذیر است. یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی اتیلن ترفتالات است. برای این منظور، باید آنها را جداگانه جمع‌آوری و سپس با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به مواد قابل استفاده تبدیل کرد.

یکی از راه‌های بازیافت این است که آنها را پس از شست‌وشو وتمیز کردن، ذوب کرده و دوباره از آنها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند. **روش اول**

البته پس از شست‌وشوی مواد پلاستیکی می‌توان آنها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پَرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. اما راه دیگری نیز وجود دارد که این پسماندها را به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند تبدیل می‌کنند. باید توجه داشت که سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی است که تعیین می‌کند کدام راه را باید انتخاب کرد، زیرا برگرداندن پسماندها به مونومرهای سازنده کاری بس دشوار است.

از آنجا که سالانه حجم انبوهی از پسماندهای این پلیمر تولید می‌شود، بازیافت شیمیایی آن بسیار ضروری و ارزشمند است. در شیمی ۲ آموختید که پلی استرها قابل تبدیل به مونومرهای سازنده هستند. شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET نیز در شرایط مناسب با متانول واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آنها را برای تولید پلیمرها به‌کار برد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سالانه به مقدار زیادی متانول در مقیاس صنعتی نیاز است. اکنون این پرسش مطرح می‌شود که چگونه می‌توان در مقیاس صنعتی متانول تولید کرد؟

متانول مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. از آنجا که این الکل کاربردهای زیادی در صنایع گوناگون دارد باید آن را در مقیاس صنعتی تولید کرد. در صنعت گاز کربن مونوکسید را با گاز هیدروژن در شرایط مناسب و در حضور کاتالیزگر واکنش می‌دهند. معادله شیمیایی این واکنش به صورت زیر است:

$$CH_4 \xrightarrow{\text{مرحله ۱}} CO(g) + 2H_2(g) \xrightarrow[\text{دما و فشار مناسب}]{\text{کاتالیزگر، مرحله ۲}} CH_3OH(l)$$

مواد واکنش‌دهنده برای این واکنش در دسترس نیستند از این رو نخست باید آنها را تولید و سپس به متانول تبدیل کرد. برای تهیه گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن می‌توان از واکنش گاز متان با بخار آب در حضور کاتالیزگر بهره برد.

بازیافت PET

روش اول بازیافت ایده‌آل نیست و تنها مواد کم‌ارزش مانند سطل آشغال بدست می‌آید.

روش دوم

اما روش دوم که PET به مونومرها تبدیل می‌شود بسیار دشوار، ولی ایده‌آل است برای روش دوم به متانول نیاز است.

مونومرها ← متانول + PET

تهیه متانول

متانول به دو روش بدست می‌آید

① روش مستقیم: غیر

مرحله ۱: $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$

مرحله ۲: $CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$

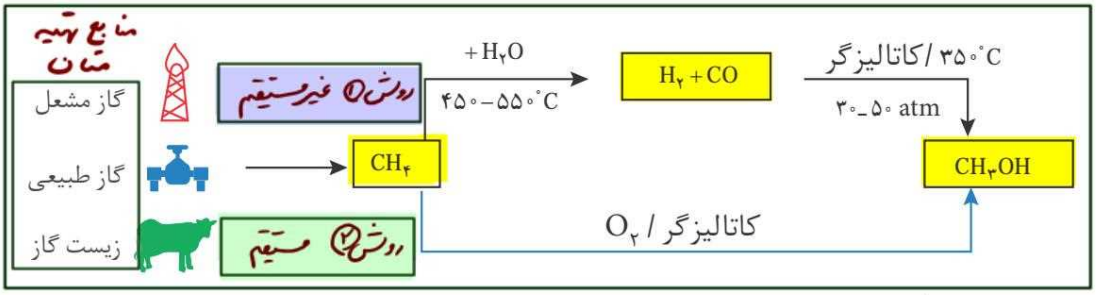
② روش مستقیم: $CH_4 + O_2 \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} CH_3OH$

* روش پیچیده‌ای است و اگر دقت نشود CH_4 به CO_2 و H_2O می‌سوزد.!!!

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

روش مستقیم تهیه متانول

گاز متان سازنده اصلی گاز طبیعی است که در میدان های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. در این میدان‌ها برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از آن را می‌سوزانند. گاز متان واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد (چرا؟) و تبدیل آن به متانول فرایندی دشوار است که انجام آن به دانش و فناوری پیشرفته نیازمند است. به دلیل اهمیت متانول در صنایع گوناگون از یک‌سو و ارزان بودن گاز متان از سوی دیگر، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متانول پیدا کرد (نمودار ۶).



نمودار ۶- روش‌های تولید متانول. تولید مستقیم متانول از متان چه مزیتی دارد؟

* زیرا متان گاز ارزان و در دسترس است

خود را بیازمایید

۱ـ در هر یک از واکنش‌های زیر مشخص کنید کدام گونه اکسایش و کدام کاهش یافته است؟

آ) $CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$

ب) $CH_4(g) + H_2O(g) \rightarrow CO(g) + 3\,H_2(g)$

۲ـ شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کمترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است. معادله‌های شیمیایی موازنه نشده زیر تهیه ماده A را به دو روش نشان می‌دهد.

جمع کردن و دور ریختن پسماند
محل دور ریختن ... از مشکلات واکنش a

a) $C_6H_6 + H_2SO_4 + NaOH \rightarrow A + \boxed{X + Y}$ ← پسماند

b) $C_6H_6 + C_3H_6 + O_2 \rightarrow A + Z$

در این واکنش‌ها X و Y پسماند هستند، اما Z یک حلال صنعتی است.

آ) در کدام واکنش، همه اتم‌های مواد واکنش‌دهنده، به مواد ارزشمند تبدیل شده‌اند؟ چرا؟

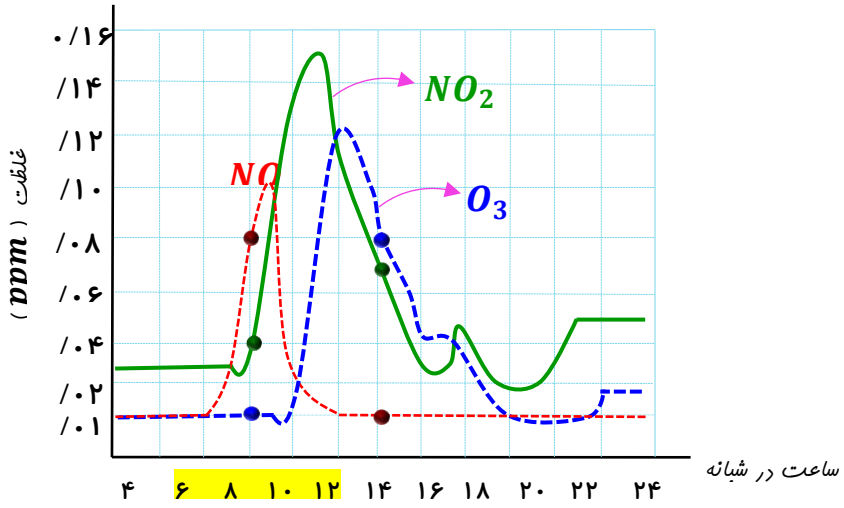
ب) براساس اصول شیمی سبز، کدام واکنش از دیدگاه اتمی صرفه اقتصادی دارد؟ چرا؟

● یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به‌صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شود.

تست ۵۸: مقدار کدام آلایندهٔ گازی توسط مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی ،کاهش می‌یابد؟

۱) O_2 ۲) CO_2 ۳) NO_2 ۴) NO

تست۵۹: را در ساعت های مختلف شبانه روز در هوای O_3 و NO_2 ، NOشکل زیر ، نمودار تغییرات غلظت سه آلایندهٔ گازی در NO نسبت به سرعت متوسط تغییر غلظت گاز NO_2 و O_3یک شهر بزرگ نشان می دهد . سرعت متوسط تغییر غلظت گازهای بازهٔ زمانی ۶ صبح تا ۱۲ ظهر به ترتیب از راست به چپ ، کدام است ؟



۱) $\frac{1}{3}$ ، $\frac{3}{5}$

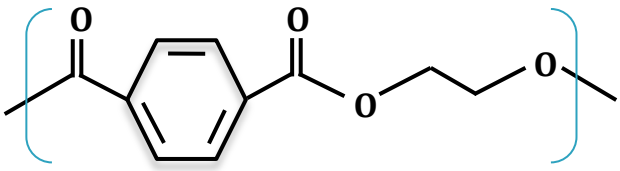
۲) $\frac{3}{5}$ ، $\frac{1}{3}$

۳) $\frac{3}{7}$ ، 1

۴) 1 ، $\frac{3}{7}$

تست۶۰: چند مورد از مطالب زیر ، درست است ؟ ($H=1$ ، $C=12$ $g.mol^{-1}$)

- **۷۳/۵ درصد** جرم مولکولی پارازایلن و کربن تشکیل می دهد .
- شمار اتم های کربن مولکول پارازایلن و مولکولی استیرن ، برابرند .
- اتانوئیک اسید را می توان طی یک واکنش مناسب ، به طور مستقیم از اتن به دست آورد .
- متانول را می توان با کاتالیزگر و در دمای مناسب ، از واکنش گاز H_2 با گاز CO به دست آورد .
- مونومرهای سازنده پلیمری با فرمول ساختاری



یک الکل دو عاملی و یک اسید دوعاملی اند .

۱) پنج ۲) چهار ۳) سه ۴) دو

تست۶۱: کدام مورد نادرست است؟

۱) آزمایش‌ها نشان می‌دهد که شماری از گروه‌های عاملی پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده طول موج $10^3 - 10^5 nm$ را جذب می کنند.

۲) گاز نیتروژن با هیچ یک از گازهای هیدروژن و اکسیژن در دمای اتاق واکنش نمی‌دهد.

۳) فسفر سفید مانند گاز هیدروژن، در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد.

۴) طیف، حاصل برهم کنش ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی است.

تست۶۲: اگر واکنش $\Delta H < 0$ ، $CO_{(g)} + H_{2\,(g)} \leftrightarrow CH_3OH_{(g)}$ ، با وجود شمار مشخصی از مول‌های اجزای آن در ظرف واکنش، در حالت تعادل باشد چند تغییر گفته شده ، واکنش را در جهت افزایش مقدار فراورده پیش خواهد برد؟

• افزایش فشار • کاهش دما • تزریق CO به ظرف واکنش • خارج کردن ۵۰ درصد از CH_3OH

• خارج کردن ۵۰ درصد از H_2 و CO به صورت همزمان

۱) ۵ ۲) ۴ ۳) ۳ ۴) ۲

تست۶۳: اگر در یک واکنش گازی تعادلی در یک ظرف دربسته ، با افزایش دمای سامانه یا اضافه کردن یک گاز بی‌اثر ، درصد فرآورده‌ها در مخلوط واکنش افزایش یابد ، کدام مطلب درست است ؟

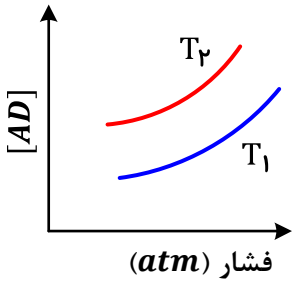
۱) واکنش گرماده و شمار مول‌های فرآورده (ها) ، کمتر از شمار مول‌های واکنش‌دهنده (ها) ست .

۲) واکنش گرماگیر است و کاهش حجم سامانه تعادل را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند .

۳) واکنش گرماگیر و تغییر حجم سامانه بر جابه‌جایی تعادل ، بی‌تاثیر است .

۴) واکنش گرماده است و کاهش فشار ، دمای سامانه را افزایش می‌دهد .

تست۶۴: نمودار زیر، تغییر غلظت مولی فراورده را برای واکنش: $A(g) + D(g) \rightleftharpoons AD(g)$, $\Delta H < 0$ ، در دو شرایط متفاوت نشان می‌دهد. کدام مورد درست است؟ (T: دما است.)



۱) $T_2 > T_1$ و در فشار ثابت، با افزایش مقدار A، مقدار AD بیشتر می‌شود.

۲) $T_2 > T_1$ و در فشار ثابت، مقدار AD در دمای T_2، کمتر از دمای T_1 است.

۳) $T_1 > T_2$ و نسبت مقدار K در دمای T_2 به مقدار K در دمای T_1، بزرگ‌تر از یک است.

۴) $T_1 > T_2$ و در دمای T_1، با افزایش مقدار مواد واکنش‌دهنده، مقدار K افزایش می‌یابد.

تست۶۴: دربارهٔ تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید درمجاورت اکسیژن و کاتالیزگر مناسب ، چند مورد از مطالب زیر درست است؟

❖ با فرض واکنش کامل ، به ازای مصرف **۰/۱ مول** پارازایلن ، **۱۶/۶ گرم** ترفتالیک اسید تشکیل می‌شود .

❖ استفاده از محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات به جای اکسیژن و کاتالیزگر ، از نگاه بازدهی مناسب‌تر است .

❖ مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در یک مولکول ترفتالیک اسید نسبت به پارازایلن ، **۱۲ واحد** افزایش می‌یابد .

❖ تهیهٔ ترفتالیک اسید از پارازایلن دشوار است ، اما در مجاورت محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات و دمای بالا ، بازدهی به حد مطلوب می‌رسد .

۱) یک ۲) دو ۳) سه ۴) چهار

تمرین‌های دوره‌ای

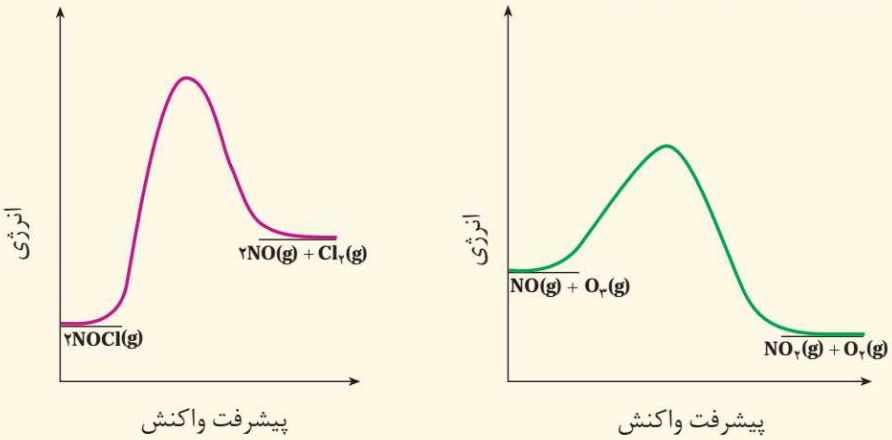
۱ـ برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

آ) استفاده از کاتالیزگر در صنایع گوناگون سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

ب) در تعادل‌های گازی گرماگیر با افزایش دما در فشار ثابت، K افزایش می‌یابد.

پ) واکنشی که در آن از یک هیدروکربن، ترکیب آلی اکسیژن‌دار تولید می‌شود، یک واکنش اکسایش ـ کاهش است.

۲ـ با توجه به نمودارهای زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) انرژی فعال‌سازی و آنتالپی هر واکنش را روی نمودار مشخص کنید.

ب) سرعت کدام واکنش در شرایط یکسان کمتر است؟ چرا؟

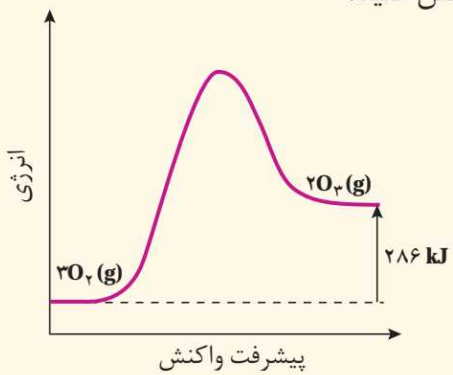
۳ـ در کدام سامانه تعادلی زیر، کاهش حجم سامانه در دمای ثابت سبب افزایش مقدار فراورده‌ها می‌شود؟ توضیح دهید.

آ) $2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

ب) $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

پ) $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$

۴ـ با توجه به نمودار روبه‌رو، درستی یا نادرستی هر یک از جمله‌های زیر را مشخص کنید:



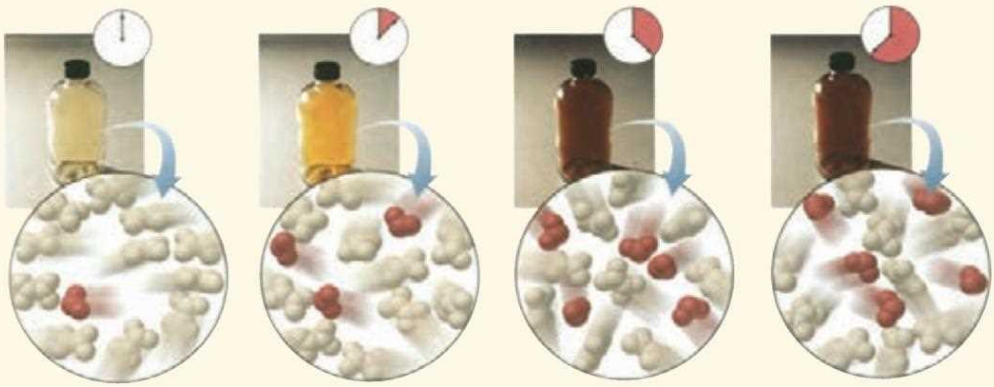
آ) انرژی فعال‌سازی از آنتالپی واکنش بزرگ‌تر است.

ب) آنتالپی (محتوای انرژی) فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها کمتر است.

پ) مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده‌ها بزرگ‌تر از فراورده‌ها است.

ت) اگر این واکنش درون سیلندر با پیستون روان به تعادل برسد، با افزایش فشار در دمای ثابت، شمار مول‌های اوزون کاهش می‌یابد.

۵ـ شکل زیر پیشرفت واکنش تبدیل گاز بی‌رنگ N_2O_4 به گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 را با گذشت زمان در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



آ) آیا واکنش به تعادل رسیده است؟ توضیح دهید.

ب) اگر حجم سامانه ۲ لیتر و هر ذره هم ارز با ۰/۰۱ مول از آن گونه باشد، ثابت تعادل واکنش زیر را در این دما حساب کنید.

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

۶ـ با توجه به ساختار ترکیب‌های آلی زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

(۲)

CH_3OH

(۱)

آ) عدد اکسایش هر یک از اتم‌های کربن ستاره‌دار را تعیین کنید.

ب) در تبدیل ترکیب (۲) به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش کدام اتم ستاره‌دار تغییر می کند؟ توضیح دهید.

پ) روش تهیه یک دی‌استر از مواد (۱) و فراورده حاصل از اکسایش (۲) را با نوشتن معادله‌های شیمیایی موازنه شده نشان دهید.

۷ـ هر یک از موارد زیر سنتز یک فراورده هدف را نشان می دهد. هر نقطه‌چین را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.

(آ)
- گاز اتن + ... ⟶ اتانول
- اتانول + ... ⟶ حلال چسب

(ب)
- گاز اتن + محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات ⟶ .....
- اتیلن گلیکول + ... ⟶ PET