

فصل سوّم:

شیمی، جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

فهرست مطالب

۱- دسته‌بندی جامدها

۲- جامد کووالانسی

۱-۲- الماس

۲-۲- گرافیت

۳-۲- گرافن

۴-۲- سیلیسیم کربید

۵-۲- سیلیس

۶-۲- سیلیسیم

۳- جامد مولکولی

۴- جامد یونی

۱-۴- ترکیب یونی دوتایی

۲-۴- شبکه‌ی بلور

۳-۴- آنتالپی فروپاشی شبکه‌ی بلور

۴-۴- برخی رفتارهای جامدهای یونی

۵-۴- استفاده از شاردهای یونی و مولکولی برای تولید برق

۵- جامد فلزی

۱-۵- مدل دریای الکترونی

۲-۵- تیتانیوم، فلزی فراتر از انتظار

۳-۵- مواد رنگی

۱- دسته‌بندی جامدها

جامدها بر اساس ساختارشان به دو دسته‌ی بی‌شکل (آمورف) و بلوری دسته‌بندی می‌شوند. در جامدهای بلوری، آرایش سه بعدی، منظم و تکرارشونده از ذره‌های سازنده (اتم، مولکول یا یون‌ها) برقرار است.

✓ جامدهای بلوری بر اساس تنوع نیروهای بین ذره‌ای به چهار دسته‌ی کووالانسی، مولکولی، یونی و فلزی تقسیم می‌شوند. مقایسه‌ی برخی از ویژگی‌های آن‌ها در جدول زیر آمده است:

نوع جامد بلوری	واحدهای سازنده	نیروی بین ذره‌ای	نقطه‌ی ذوب	سختی/شکنندگی	رسانایی الکتریکی (جامد / مذاب)
کووالانسی	اتم	پیوند کووالانسی	بالا	سخت و شکننده	x / x
مولکولی	مولکول	وان دروالسی / هیدروژنی	پایین	متغیر (اغلب نرم)	x / x
یونی	یون	پیوند یونی	بالا	سخت و شکننده	✓ / x
فلزی	اتم	پیوند فلزی	متغیر	متغیر / چکش‌خوار	✓ / ✓

❖ نکته‌ی ۱: آثار به‌جامانده از گذشتگان نشان می‌دهد که مواد اولیه برای ساخت چنین آثاری، افزون بر فراوانی و در دسترس بودن، باید واکنش‌پذیری کم، استحکام زیاد و پایداری مناسبی داشته باشند. شیمی‌دان‌ها با بررسی نوع، ساختار و رفتار مواد سازنده‌ی آثار به‌جامانده از گذشتگان و سپس بهره‌گیری از دانش شیمی، توانستند به مواد جدیدتری دست یابند. موادی که می‌توان آن‌ها را برای خلق سازه‌های زیبا و ماندگار امروزی به کار بست.

❖ نکته‌ی ۲: درصد جرمی هر ماده در نمونه، گرم آن ماده را در صد گرم از نمونه نشان می‌دهد.

$$\text{درصد جرمی ماده} = \frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم نمونه}} \times 100$$

✓ تمرین ۱: اگر ۲۰ درصد حجمی از یک مخلوط گازی شامل گاز هیدروژن و گاز متان را گاز هیدروژن تشکیل دهد، درصد جرمی متان در مخلوط گازی چند است؟ ($H = 1, C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$)

تمرین ۲: جدول زیر درصد جرمی مواد سازنده‌ی نوعی خاک رس را نشان می‌دهد که از یک معدن طلا استخراج شده است. با توجه به آن، به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

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

(آ) سرخ فام بودن این نوع خاک رس مربوط به وجود کدام ماده در آن است؟

(ب) هنگام پختن سفالینه‌های تهیه شده از این نوع خاک رس، از جرم رطوبت موجود در آن بیش‌تر کاسته می‌شود. چرا؟

(پ) با فرض تبخیر همهی آب موجود در آن، درصد جرمی سیلیس (SiO_2) به چند درصد می‌رسد؟

(ت) اگر هنگام تهیه‌ی سفالینه از این خاک رس، درصد رطوبت موجود در آن به ۵٪ کاهش یابد، درصد جرمی SiO_2 به چند درصد می‌رسد؟

۱- (تجربی ۹۷) برای تهیه‌ی یک کیلوگرم مخلوط شیمیایی ویژه که باید ۱۴٪ جرم آن را نیتروژن تشکیل دهد، به ترتیب از راست به چپ، چند گرم آمونیوم سولفات و چند گرم پتاسیم کلرید را باید با یکدیگر مخلوط کرد؟

($N = ۱۴, O = ۱۶, S = ۳۲, Cl = ۳۵.۵, K = ۳۹ \text{ g.mol}^{-1}$)

(۱) ۳۴۰ ، ۶۶۰

(۲) ۴۴۰ ، ۵۶۰

(۳) ۵۶۰ ، ۴۴۰

(۴) ۶۶۰ ، ۳۴۰

۲- (تجربی ۹۸- خارج) چند مورد از مطالب زیر درباره‌ی خاک رس درست است؟

- سیلیسیم دی‌اکسید عمده‌ترین جزء سازنده‌ی آن است.
- بیش‌تر ترکیب‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن، بی‌رنگ یا سفیدرنگ‌اند.
- در مخلوط تشکیل‌دهنده‌ی آن، جامدهای کووالانسی و یونی وجود دارند.
- در برخی از انواع آن، فلزهای دارای ارزش اقتصادی زیاد برای استخراج نیز یافت می‌شود.

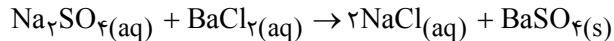
(۴) ۴

(۳) ۳

(۲) ۲

(۱) ۱

۳- (ریاضی ۱۴۰۰) یک نمونه‌ی ناخالص دارای ۸۸ درصد جرمی Na_2SO_4 و ۱۰ درصد جرمی آب است. بر اثر جذب رطوبت، مقدار آب آن به ۲۰ درصد می‌رسد. درصد جرمی تقریبی این نمک در شرایط جدید کدام است و اگر جرم نمونه‌ی اولیه ۳۵/۵ گرم باشد، از واکنش کامل آن با باریم کلرید، چند گرم ماده‌ی نامحلول در آب تشکیل می‌شود؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید. ناخالصی با $\text{BaCl}_2(\text{aq})$ واکنش نمی‌دهد. ($O = ۱۶; Na = ۲۳; S = ۳۲; Ba = ۱۳۷ \text{ g.mol}^{-1}$))



(۱) ۷۸/۲ ، ۵۱/۲۶

(۲) ۷۴/۹ ، ۵۱/۲۶

(۳) ۷۸/۲ ، ۸۵/۲۲

(۴) ۷۴/۹ ، ۸۵/۲۲

۴- (ریاضی ۱۴۰۴/۱) درصد جرمی سیلیس و رطوبت در یک نمونه خاک رس، به ترتیب برابر ۳۶ و ۱۰ است. اگر درصد جرمی رطوبت در نمونه، با اضافه کردن آب، به ۲۰ درصد برسد، درصد جرمی سیلیس کدام خواهد شد؟

(۱) ۳۴

(۲) ۳۲

(۳) ۲۸

(۴) ۲۶

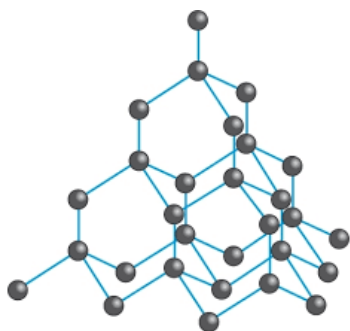
۲- جامد کووالانسی

جامد کووالانسی مجموعه‌ای شامل شمار بسیار زیادی اتم است که با هم پیوندهای اشتراکی (کووالانسی) دارند و از این‌رو، دارای ساختاری به هم پیوسته و غول‌آسا است. این ساختار دلیلی است بر سختی بالا و دیرگداز بودن آن.

✓ عنصرهای اصلی سازنده‌ی جامدهای کووالانسی در طبیعت، کربن و سیلیسیم (عنصرهای گروه ۱۴) هستند. دو عنصری که از آن‌ها تاکنون یون تک‌اتمی در هیچ ترکیبی شناخته نشده است. زیرا این اتم‌ها تنها با تشکیل پیوندهای کووالانسی به آرایش هشت‌تایی می‌رسند.

از جامدهای کووالانسی می‌توان به الماس، گرافیت (و گرافن)، سیلیسیم، سیلیسیم کربید و سیلیس اشاره کرد.

۲-۱- الماس:

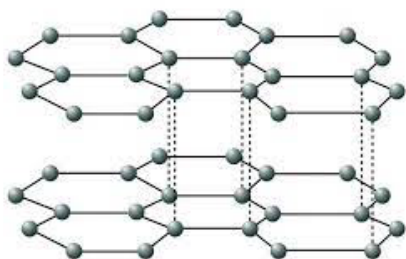


الماس جامدی کووالانسی با چینش سه‌بعدی از اتم‌ها (C) است که در سراسر آن، اتم‌های کربن با چهار پیوند کووالانسی به چهار اتم کربن مجاور متصل‌اند.

✓ الماس از جمله دگر شکل‌های طبیعی کربن است و در حالت خالص، شفاف است.

✓ الماس سخت‌ترین ماده‌ی طبیعی شناخته شده است. از این‌رو در ساخت مته‌ها و ابزار برش شیشه از آن استفاده می‌شود.

۲-۲- گرافیت:



گرافیت جامدی کووالانسی با چینش دوبعدی از اتم‌ها (C) است که در آن، اتم‌های کربن در هر لایه با سه اتم کربن مجاور، پیوندهای اشتراکی تشکیل داده و حلقه‌های شش‌گوشه‌ی متصل به هم را به وجود می‌آورند.

✓ گرافیت از جمله دگر شکل‌های طبیعی کربن است و در حالت خالص، تیره است.

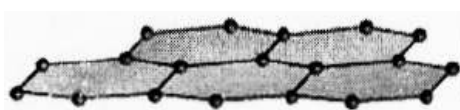
✓ میان لایه‌های گرافیت نیروهای ضعیف وان‌دروالسی برقرار است. از این رو این لایه‌ها به آسانی بر روی هم می‌لغزند و به گرافیت، نرمی ویژه‌ای می‌بخشند. این ویژگی سبب می‌شود از گرافیت به عنوان مغز مداد استفاده شود.

✓ به دلیل فاصله‌ی قابل توجهی که میان لایه‌های گرافیت وجود دارد، در مجموع، تراکم اتم‌ها در آن کمتر از الماس است. از این رو چگالی گرافیت ($2/27 \text{ g.cm}^{-3}$) کمتر از چگالی الماس ($3/51 \text{ g.cm}^{-3}$) است.

✓ در گرافیت هر اتم کربن با چهار پیوند کووالانسی به سه اتم متصل است، اما در الماس، هر اتم کربن با چهار پیوند به چهار اتم مجاور اتصال دارد. بنابراین:

« در گرافیت نسبت به الماس: مرتبه‌ی پیوند \uparrow \Leftarrow طول پیوند \downarrow \Leftarrow آنتالپی پیوند \uparrow C-C »

۲-۳- گرافن:



گرافن تک‌لایه‌ای از گرافیت است که در آن، اتم‌های کربن با پیوند کووالانسی حلقه‌های شش‌گوشه (با الگویی همانند کندوی زنبور عسل) تشکیل داده‌اند.

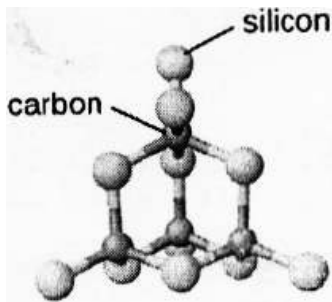
✓ از آن جا که ضخامت گرافن به اندازه‌ی یک اتم کربن است، می‌توان آن را یک گونه‌ی شیمیایی دو بعدی دانست. از این رو، گرافن شفاف و انعطاف‌پذیر است.

✓ استحکام گرافن بسیار بالا است؛ به طوری که مقاومت کششی آن حدود ۱۰۰ برابر فولاد است.

✓ روش تهیه‌ی گرافن با استفاده از نوار چسب (لایه‌برداری مکانیکی):

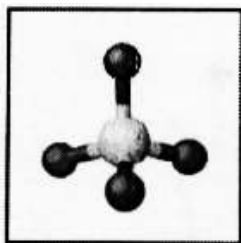
در این روش مقداری گرد گرافیت را بین دو تکه چسب فشرده و یکی از نوار چسب‌ها را جدا می‌کنند، به این ترتیب لایه‌هایی از گرافیت روی سطح چسبنده‌ی نوار چسب قرار می‌گیرد. در ادامه نوار چسب سومی به آن چسبانده، فشرده و جدا می‌شود تا لایه‌ی نازک‌تری از گرافیت روی نوار چسب سوم بر جای بماند. با ادامه‌ی این کار، لایه‌های نازک به ضخامت نانومتر در برخی قسمت‌های نوار چسب باقی می‌ماند که همان گرافن است.

۲-۴- سیلیسیم کربید (SiC):



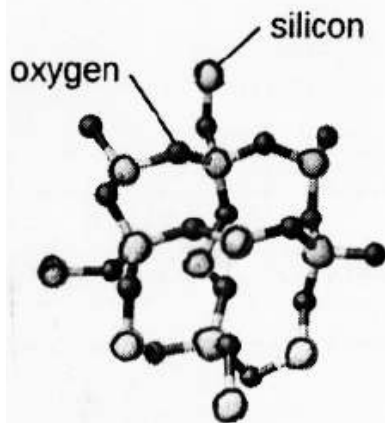
جامدی کووالانسی با چینش سه‌بعدی اتم‌ها است که در آن، اتم‌های سیلیسیم و کربن با پیوندهای کووالانسی $\text{Si}-\text{C}-\text{Si}$ ساختاری سه‌بعدی به هم پیوسته و گول‌آسا می‌سازند.

✓ این ماده یک ساینده‌ی ارزان است که در تهیه‌ی سنباده به کار می‌رود.

۲-۵- سیلیس یا سیلیسیم دی‌اکسید (SiO_2):

سیلیس جامدی کووالانسی با چینش سه‌بعدی از اتم‌های Si و O است که در آن، شمار بسیار زیادی از اتم‌های سیلیسیم و اکسیژن با پیوندهای کووالانسی $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ ساختاری سه‌بعدی، به هم پیوسته و گول‌آسا می‌سازند.

✓ کوارتز از جمله نمونه‌های خالص و ماسه، از جمله نمونه‌های ناخالص سیلیس است.



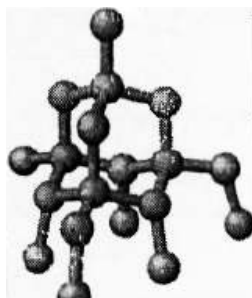
✓ سیلیسیم، پس از اکسیژن، فراوان‌ترین عنصر در پوسته‌ی جامد زمین است. به طوری که ترکیب‌های گوناگون این دو عنصر بیش از ۹۰٪ پوسته‌ی زمین را تشکیل می‌دهند. از این‌رو، سیلیس (SiO_2) فراوان‌ترین اکسید در پوسته‌ی جامد زمین است.

✓ سیلیس همانند جامدهای کووالانسی دیگر نقطه‌ی ذوب بالایی دارد، دیرگداز است و مقاومت گرمایی بالایی دارد. هم‌چنین سختی بالایی دارد و در حالت خالص و تراش خورده، زیبا و شفاف است.

✓ پخته شدن نان سنگک بر روی دانه‌های درشت سنگ را می‌توان نشانه‌ای از مقاومت گرمایی سیلیس دانست.

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

۲-۶- سیلیسیم (Si):



سیلیسیم ساختاری همانند الماس و مشابه سیلیس دارد. یعنی در آن اتم‌های Si با چهار پیوند کووالانسی به چهار اتم مجاور خود متصل شده، ساختاری سه بعدی، به هم پیوسته و غول آسا می‌سازند.

✓ جدول زیر آنتالپی پیوندهای موجود در چند جامد کووالانسی را مقایسه کرده است:

Si - Si (در سیلیسیم)	Si - C (در سیلیسیم کربید)	C - C (در الماس)	Si - O (در سیلیس)	پیوند
۲۲۶	۳۰۱	۳۴۸	۳۶۸	میانگین آنتالپی پیوند (KJ.mol^{-1})

با توجه به جدول بالا می‌توان دریافت:

«مقایسه‌ی میزان سختی و نقطه‌ی ذوب: الماس < سیلیسیم کربید < سیلیسیم»

✓ از آن‌جا که آنتالپی پیوند Si - O بیش‌تر از Si - Si است و ساختار سیلیسیم و سیلیس مشابه یکدیگرند، می‌توان نتیجه گرفت برای تشکیل پیوندهای Si - O انرژی بیش‌تری آزاد شده است و بنابراین سطح انرژی SiO_2 پایین‌تر از سیلیسیم و پایداری آن بیش‌تر از سیلیسیم است. از این‌رو سیلیسیم در طبیعت به حالت خالص یافت نمی‌شود و به‌طور عمده به شکل سیلیس یافت می‌شود.

۱- (تجربی ۹۶ - خارج) اگر برای تهیه‌ی الماس ساختگی از گرافیت خالص استفاده شود، کدام عبارت درست است؟

- (۱) طول پیوندهای کربن - کربن افزایش می‌یابد.
- (۲) فاصله‌ی لایه‌های اتم کربن از یک‌دیگر اندکی افزایش می‌یابد.
- (۳) رسانایی الکتریکی نمونه، طی این فرایند رفته رفته افزایش می‌یابد.
- (۴) محل قرار گرفتن اتم‌های کربن، طی تبدیل گرافیت به الماس ثابت می‌ماند.

۲- (ریاضی ۹۸) در گرافن، هر اتم کربن به چند اتم کربن دیگر متصل است و نوع پیوندهای میان آن‌ها به نوع پیوندهای میان اتم‌های کربن در کدام ترکیب شبیه‌تر است؟

- (۱) ۳، بنزن
- (۲) ۴، بنزن
- (۳) ۳، سیکلوهگزان
- (۴) ۴، سیکلوهگزان

۳- (ریاضی ۹۸ - خارج) کدام مورد درباره‌ی SiO_2 درست است؟

- (۱) در ساختار آن، پیوندهای یونی همانند پیوندهای کووالانسی نقش دارند.
- (۲) به صورت خالص در طبیعت یافت نمی‌شوند.
- (۳) جزو جامدهای مولکولی است.
- (۴) سختی آن از گرافیت بیش‌تر است.

۴- (تجربی ۹۸) کدام مورد از مطالب زیر درست‌اند؟

- (آ) سیلیسیم مانند کربن، خاصیت شبه‌فلزی دارد.
- (ب) در ساختار سیلیس، هر اتم Si به چهار اتم اکسیژن متصل است.
- (پ) ساختار بلور سیلیسیم دی‌اکسید، مشابه ساختار کربن دی‌اکسید است.
- (ت) پس از اکسیژن، سیلیسیم فراوان‌ترین عنصر در پوسته‌ی جامد زمین است.

- (۱) ب، پ، ت (۲) آ، پ، ت (۳) آ، ت (۴) ب، ت

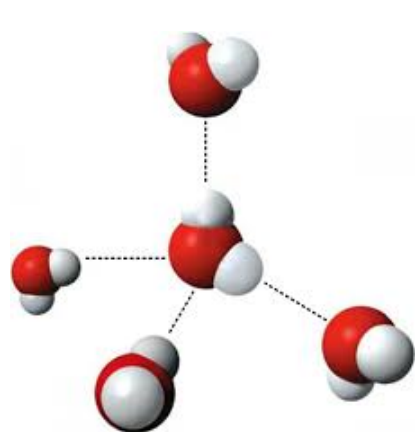
۵- (تجربی ۱۴۰۲/۱) درستی یا نادرستی علمی مطالب زیر، به ترتیب، کدام است؟

- نقطه‌ی ذوب الماس، بالاتر از نقطه‌ی ذوب سیلیسیم است.
- سیلیسیم خالص، ساختاری مشابه ساختار الماس دارد.
- آنتالپی پیوند Si-O از آنتالپی پیوند Si-Si بیش‌تر است.
- گرافن تک لایه‌ای از گرافیت است که شفاف و انعطاف‌پذیر است.
- سیلیسیم، مانند الماس، در طبیعت به صورت خالص یافت می‌شود.

- (۱) درست - نادرست - درست - نادرست - درست (۲) نادرست - درست - درست - درست - نادرست
- (۳) درست - درست - نادرست - درست - درست (۴) درست - درست - درست - درست - نادرست

۳- جامد مولکولی

جامد مولکولی در ساختار خود مولکول‌های مجزا دارد. این مولکول‌ها که هر یک شامل اتم‌هایی با پیوندهای کووالانسی‌اند، با نیروهای بین مولکولی (وان دروالسی و هیدروژنی) کنار هم قرار می‌گیرند.



✓ سازه‌ی یخی نمونه‌ای از جامد مولکولی است. زیبا، شفاف، با ظاهری سخت اما زودگداز.

مولکول‌های H_2O در ساختار یخ در یک آرایش منظم و سه‌بعدی با تشکیل حلقه‌های شش‌گوشه، شبکه‌ای با استحکام ویژه پدید می‌آورند. در این ساختار، هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن با پیوند کووالانسی و به دو اتم هیدروژن از مولکول‌های مجاور با پیوند هیدروژنی متصل است. این در حالی است که در جامدهای کووالانسی، همه‌ی اتم‌ها با پیوندهای اشتراکی به یکدیگر متصل شده‌اند.

دانه‌ی برف یک سازنده‌ی یخی طبیعی است که مبنای تشکیل آن حلقه‌های شش‌گوشه است.

❖ نکته‌ی ۱: تنها برای توصیف مواد مولکولی است که می‌توان واژه‌هایی مانند فرمول مولکولی یا نیروی بین مولکولی را به کار برد.

برای نمونه، واژه‌ی نیروی بین مولکولی را می‌توان درباره‌ی مواد زیر که همگی موادی مولکولی‌اند به کار گرفت:

هگزان ($C_6H_{14}(l)$)، گاز کلر ($Cl_2(g)$)، اتانول ($C_2H_5OH(l)$) و گاز آرگون ($Ar(g)$)

❖ نکته‌ی ۲: ترکیب‌هایی که در دما و فشار اتاق مایع هستند، جزو مواد مولکولی به شمار می‌روند. زیرا نیروهای بین ذره‌ای در جامدهای کووالانسی (پیوند کووالانسی) و ترکیب‌های یونی (پیوند یونی) بسیار قوی هستند و بنابراین، جامدهای کووالانسی و مواد یونی در دما و فشار اتاق، به حالت جامد یافت می‌شوند.

❖ نکته‌ی ۳: اغلب عنصرهای گروه ۱۵ تا ۱۸ جدول، جزو مواد مولکولی هستند.

تنوع و شمار مواد مولکولی بیش از مواد یونی و آن هم بیش‌تر از مواد کووالانسی است. زیرا در مواد مولکولی، نوع و تعداد اتم‌های سازنده و همچنین تنوع شیوه‌ی اتصال آن‌ها به هم، بیش‌تر از ترکیب‌های دیگر است.

❖ نکته ۴: مولکول‌ها نقش کلیدی در تعیین خواص و رفتار مواد مولکولی دارند:

رفتار فیزیکی مواد مولکولی به نوع و قدرت نیروهای بین مولکولی بستگی دارد. برای نمونه آنتالپی تبخیر یا نقطه‌ی جوش یک مایع به نیروهای بین مولکولی آن وابسته است.

رفتار شیمیایی مواد مولکولی به طور عمده به جفت الکترون‌های پیوندی (پیوند کووالانسی) و ناپیوندی موجود در مولکول وابسته است.

❖ نکته ۵: برای بررسی تراکم بارالکتریکی در یک گونه‌ی شیمیایی از نقشه‌ی پتانسیل الکتروستاتیکی استفاده می‌شود. این نقشه‌ها نمودارهای سه‌بعدی‌اند که افزون بر شکل و اندازه‌ی گونه، علامت و بزرگی پتانسیل الکتروستاتیکی را نشان می‌دهند.

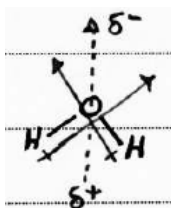
طیف رنگ‌های این نقشه، نشان‌دهنده‌ی میزان تراکم بارالکتریکی در بخش‌های مختلف گونه‌ی شیمیایی است. به طوری که رنگ آبی، تراکم کم‌تر بارالکتریکی (بار جزئی مثبت: δ^+) و رنگ سرخ، تراکم بیش‌تر بارالکتریکی (بار جزئی منفی: δ^-) را نشان می‌دهد.

❖ نکته ۶: توزیع جفت الکترون‌ها در اطراف اتم مرکزی هر گونه‌ی شیمیایی، نقش مهمی در تعیین رفتار آن به ویژه در میدان الکتریکی دارد.

اگر در یک مولکول، توزیع بارالکتریکی یکنواخت و متقارن باشد، به طوری که برابری گشتاور دوقطبی پیوندهای موجود در آن صفر باشد، آن مولکول ناقطبی است و جز این، قطبی به شمار می‌رود.

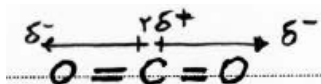
برای نمونه:

آب: H_2O



برایند بردارها در مولکول آب صفر نیست.
پس مولکول H_2O قطبی است. ($\mu > 0$)

کربن دی‌اکسید: CO_2



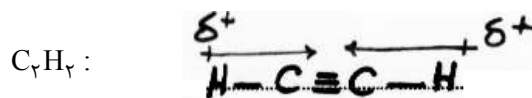
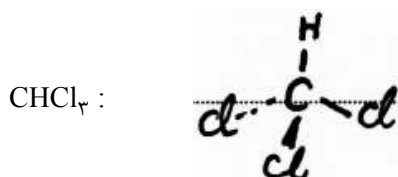
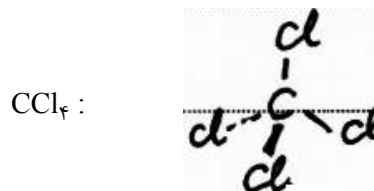
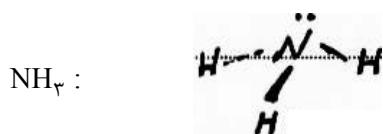
اگرچه در مولکول CO_2 تراکم بار بر روی اتم‌های اکسیژن بیش‌تر است، ولی به دلیل توزیع متقارن بار الکتریکی پیرامون اتم مرکزی، این مولکول ناقطبی ($\mu = 0$) است.

❖ نکته ۷: قاعده‌های زیر را برای تشخیص مولکول‌های قطبی / ناقطبی می‌توان به کار گرفت:

- ← مولکول‌های دو اتمی
 - با اتم‌های همسان (جور هسته)، ناقطبی ($\mu = 0$) به شمار می‌روند.
برای نمونه: N_2 , H_2
 - با اتم‌های ناهمسان (ناجور هسته)، قطبی به شمار می‌روند.
برای نمونه: HCl , NO
- ← مولکول‌های چند اتمی: در صورت دارا بودن هر دو شرط زیر ناقطبی به شمار می‌روند:
 - (۱) اتم مرکزی الکترون (های) ناپیوندی نداشته باشد.
 - (۲) اتم‌های کناری همسان باشند.
 برای نمونه:

قطبی

ناقطبی



✓ اغلب ترکیب‌های آلی جزو مواد مولکولی هستند. همچنین اغلب هیدروکربن‌ها، مولکول‌هایی ناقطبی هستند.

۱- (ریاضی ۹۸) کدام مورد درباره‌ی کربونیل سولفید و گوگرد تری‌اکسید درست است؟

- (۱) شکل هندسی مشابه و به صورت خطی دارند.
- (۲) در هر دو، اتم مرکزی دارای بار جزئی (δ^+) است.
- (۳) هر دو، گشتاور بزرگ‌تر از صفر دارند.
- (۴) عدد اکسایش اتم مرکزی در هر دو یکسان است.

۲- (ریاضی ۹۸- خارج) کدام گزینه درباره‌ی مولکول آمونیاک نادرست است؟

- (۱) گشتاور دوقطبی آن برابر صفر است.
- (۲) در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.
- (۳) اتم نیتروژن در آن دارای یک جفت الکترون ناپیوندی است.
- (۴) هر اتم هیدروژن در آن دارای بار جزئی مثبت (δ^+) و اتم نیتروژن دارای بار جزئی منفی (δ^-) است.

۳- (تجربی ۹۸) اگر به جای هر دو اتم اکسیژن در کربن دی‌اکسید اتم گوگرد قرار گیرد، کدام مورد درست است؟

- (۱) عدد اکسایش اتم کربن در آن تغییر می‌کند.
- (۲) بار جزئی اتم کربن از حالت δ^+ به δ^- تبدیل می‌شود.
- (۳) تغییری در میزان گشتاور دوقطبی مولکول ایجاد نمی‌شود.
- (۴) قدرت نیروهای بین مولکولی در آن به دلیل شعاع اتمی بزرگ‌تر S، کاهش می‌یابد.

۴- (ریاضی ۱۴۰۰) با توجه به نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی پروپان و دی‌متیل اتر، کدام مطلب درست است؟

- (۱) تبدیل پروپان به مایع دشوارتر است.
- (۲) در هر دو، اتم مرکزی بار جزئی مثبت دارد.
- (۳) نقشه‌های پتانسیل الکتروستاتیکی مشابهی دارند.
- (۴) هر دو در میدان الکتریکی به یک سو جهت‌گیری می‌کنند.

۵- (ریاضی ۱۴۰۰- خارج) کدام موارد از مطالب زیر درباره‌ی مولکول کربونیل سولفید درست است؟

($H = 1, C = 12, O = 16, S = 32 \text{ g.mol}^{-1}$)

- (آ) جرم مولی آن با جرم مولی استیک اسید برابر است.
- (ب) مولکول آن، مانند مولکول کربن دی‌اکسید، ساختار خطی دارد.
- (پ) در لایه‌ی ظرفیت اتم‌های آن دو جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.
- (ت) شمار جفت الکترون‌های پیوندی در آن با شمار آن‌ها در مولکول اتین برابر است.

(۴) ب، پ، ت

(۳) آ، ب، پ

(۲) پ، ت

(۱) آ، ب

۶- (تجربی ۱۴۰۱) چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- مولکول‌های سه اتمی با ساختار خطی، ناقطبی‌اند.
- کربن تتراکلرید و کلروفرم، هر دو مایع، اما اولی ناقطبی و دومی قطبی است.
- مولکول‌های چهار اتمی با فرمول عمومی AX_3 ، می‌توانند قطبی یا ناقطبی باشند.
- در مولکول‌های سه اتمی خمیده، به اتم مرکزی بار جزئی منفی (δ^-) نسبت داده می‌شود.

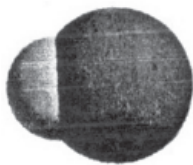
(۱) یک (۲) دو (۳) سه (۴) چهار

۷- (تجربی ۱۴۰۱-خارج) چند مورد از مطالب زیر درباره‌ی مولکول آمونیاک درست است؟

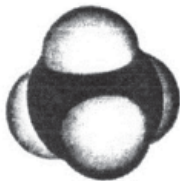
- اتم مرکزی در آن، بار جزئی منفی دارد.
- ساختار آن مشابه ساختار مولکول کربن تتراکلرید است.
- در تشکیل $1.024 \times 10^4 / 5$ مولکول از آن، $22/5$ مول جفت الکترون بین اتم‌ها شرکت می‌کند.
- مجموع شمار جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی در آن، برابر شمار جفت الکترون‌های پیوندی در مولکول کربونیل سولفید است.

(۱) یک (۲) دو (۳) سه (۴) چهار

۸- (ریاضی ۱۴۰۲/۲ - خارج) ترکیب‌های کدام مورد می‌تواند نماینده‌ی مناسبی برای ساختارهای داده‌شده باشد؟



(a)



(b)



(c)



(d)

a: HCN , b: CH_4 , c: H_2S (۲)

a: HF , c: H_2O , d: SO_3 (۴)

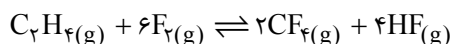
a: SCO , b: SiF_4 , d: $CHCl_3$ (۱)

b: SiH_4 , c: OF_2 , d: NH_3 (۳)

۹- (تجربی ۱۴۰۲/۲) کدام مورد درباره‌ی دو عنصر ${}_{16}X$ و ${}_{17}Y$ درست است؟

- (۱) بار جزئی Y در ترکیب‌های دوتایی آن با هیدروژن δ^+ است.
- (۲) X دارای آرایش منظم از کاتیون‌ها در سه بعد است.
- (۳) مولکول H_2X خطی است.
- (۴) مولکول XY_2 قطبی است.

۱۰- (ریاضی ۱۴۰۳/۱) با توجه به واکنش داده‌شده، کدام مورد درست است؟



- (۱) همه‌ی اتم‌ها در ساختار واکنش‌دهنده‌ها به آرایش گاز نجیب رسیده‌اند.
- (۲) بار کربن در واکنش‌دهنده‌ها، برابر -۲ و با بار آن در فراورده متفاوت است.
- (۳) این واکنش، نمونه‌ای از تشکیل فراورده‌های قطبی از واکنش‌دهنده‌های ناقطبی است.
- (۴) CF_4 بیش‌ترین شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی را در میان مولکول‌های شرکت‌کننده در واکنش دارد.

۱۱- (تجربی ۱/۱۴۰۳) کدام مورد درباره‌ی سیلیس و یخ درست است؟

- ۱) ساختار سیلیس، سه‌بعدی و ساختار یخ، دوبعدی است.
- ۲) در سیلیس، هر اتم سیلیسیم با دو اتم اکسیژن پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهد.
- ۳) سیلیس خالص، کدر و یخ، شفاف است و هر دو، ساختار شش‌گوشه دارند.
- ۴) ساختار یخ منظم است و مولکول‌های آب، شبکه‌ای مانند کندوی زنبور عسل به‌وجود می‌آورند.

۱۲- (ریاضی ۲/۱۴۰۳) با توجه به مدل فضاپرکن مولکول‌های «آ» و «ب»، کدام موارد زیر درست است؟

الف: علامت بار جزئی اتم مرکزی در مولکول‌های «آ» و «ب»، می‌تواند مشابه باشد.

ب: مولکول «آ» را می‌توان به هر یک از گونه‌های H_2O ، H_2S و Li_2O نسبت داد.

پ: اگر مولکول «ب» CO_2 باشد و یکی از اتم‌های اکسیژن آن با گوگرد جایگزین شود، بار جزئی اتم مرکزی تغییر می‌کند.

ت: اگر مولکول «آ» SO_2 باشد و به ساختار آن یک اتم اکسیژن اضافه شود، گشتاور دوقطبی مولکول برابر صفر می‌شود.



«ب»



«آ»

۴) «الف» و «ب»

۳) «الف» و «ت»

۲) «ب» و «پ»

۱) «پ» و «ت»

۱۳- (تجربی ۲/۱۴۰۳) کدام مورد، عبارت زیر را از نظر علمی به‌درستی کامل می‌کند؟

«مولکول ، مولکول گوگرد تری‌اکسید»

- ۱) آمونیاک - برخلاف - دارای اتم مرکزی با بار جزئی منفی است.
- ۲) اکسیژن دی‌فلوئورید - برخلاف - هشت جفت الکترون ناپیوندی دارد.
- ۳) نیتروژن تری‌فلوئورید - همانند - سه جفت الکترون پیوندی دارد.
- ۴) هیدروژن سولفید - همانند - دارای اتم مرکزی با بار جزئی منفی است.

۱۴- (تجربی ۲/۱۴۰۳ - خارج) کدام مورد، جمله‌ی زیر را از نظر علمی به‌درستی کامل می‌کند؟

«مولکول ، مولکول کربونیل سولفید»

- ۱) اتین - برخلاف - پیوند اشتراکی دارد.
- ۲) کربن مونوکسید - برخلاف - در میدان الکتریکی جهت‌گیری می‌کند.
- ۳) گوگرد دی‌کلرید - همانند - دارای اتم مرکزی با بار جزئی مثبت است.
- ۴) سیلیس - همانند - فاقد جفت الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی است.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۴- جامد یونی

جامد یونی شامل آرایش منظمی از کاتیون‌ها و آنیون‌ها در سه بعد با یک الگوی تکراری است.

۴-۱- ترکیب یونی دوتایی:

به فراورده‌ی واکنش یک فلز با یک نافلز که با دادوستد الکترون همراه است، ترکیب یونی دوتایی گفته می‌شود.

« (واکنش گرماده) $\Delta H < 0$; ترکیب یونی دوتایی $\xrightarrow{\text{دادوستد الکترون}}$ نافلز + فلز »

✓ برای نمونه: « گرما و نور + $2\text{Na}_{(s)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NaCl}_{(s)}$ »

در این واکنش: سدیم الکترون از دست داده، به کاتیون تبدیل شده و شعاع آن کاهش می‌یابد. ($r_{(\text{Na}^+)} < r_{(\text{Na})}$)

کلر الکترون گرفته، به آنیون تبدیل شده و شعاع آن افزایش می‌یابد. ($r_{(\text{Cl}^-)} > r_{(\text{Cl})}$)

✓ به طور کلی واکنش فلزهای گروه اول و هالوژن‌ها (نافلزهای گروه ۱۷) بسیار گرماده است.

❖ نکته: در یک گروه، از بالا به پایین، شعاع اتمی و شعاع یونی افزایش می‌یابند.

$$r_{(3\text{Li})} < r_{(11\text{Na})} < r_{(19\text{K})}$$

برای نمونه:

$$r_{(\text{Li}^+)} < r_{(\text{Na}^+)} < r_{(\text{K}^+)}$$

$$r_{(9\text{F})} < r_{(17\text{Cl})} < r_{(35\text{Br})}$$

$$r_{(\text{F}^-)} < r_{(\text{Cl}^-)} < r_{(\text{Br}^-)}$$

در یک دوره، از چپ به راست، شعاع اتمی، شعاع کاتیون‌ها و شعاع آنیون‌ها کاهش می‌یابند.

برای نمونه:

مقایسه‌ی شعاع اتمی عنصرهای دوره سوم:

$$r_{(11\text{Na})} > r_{(12\text{Mg})} > r_{(13\text{Al})} > r_{(14\text{Si})} > r_{(15\text{P})} > r_{(16\text{S})} > r_{(17\text{Cl})}$$

مقایسه‌ی شعاع کاتیون و آنیون عنصرهای دوره سوم:

$${}_{15}\text{P}^{3-} > {}_{16}\text{S}^{2-} > {}_{17}\text{Cl}^- > {}_{11}\text{Na}^+ > {}_{12}\text{Mg}^{2+} > {}_{13}\text{Al}^{3+}$$

۴-۲- شبکه‌ی بلور:

به آرایش منظم، سه‌بعدی با الگوی تکراری ذره‌های سازنده‌ی بلور (اتم، مولکول یا یون) شبکه‌ی بلور گفته می‌شود. این آرایش‌ها بسته به اندازه‌ی نسبی یون‌ها، از الگوهای تکرارشونده‌ای مانند مکعبی، چهاروجهی، شش‌وجهی و ... پیروی می‌کنند. برای نمونه، شبکه‌ی بلور سدیم کلرید مکعبی است.

❖ نکته‌ی ۱: در شبکه‌ی بلور جامد یونی، هر کاتیون با شمار معینی آنیون و هر آنیون با شمار معینی کاتیون احاطه شده است.

« به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهمنام موجود پیرامون هر یون در شبکه‌ی بلور، عدد کوئوردیناسیون می‌گویند »

برای نمونه:

در شبکه‌ی بلور سدیم کلرید: هر یون سدیم با ۶ یون کلرید احاطه شده است. \Leftarrow عدد کوئوردیناسیون $6 = \text{Na}^+$

هر یون کلرید با ۶ یون سدیم احاطه شده است. \Leftarrow عدد کوئوردیناسیون $6 = \text{Cl}^-$

✓ البته عدد کوئوردیناسیون کاتیون و آنیون یک جامد یونی می‌تواند برابر نباشد.

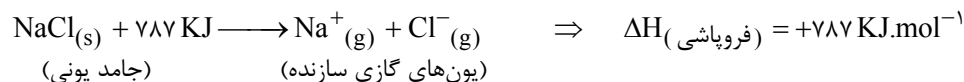
❖ نکته‌ی ۲: به هر یک از یون‌های سازنده‌ی شبکه‌ی بلور جامد یونی، از همه‌ی جهت‌ها نیروهای جاذبه و دافعه وارد می‌شود.

به دیگر سخن، این نیروها به شمار معین از یون‌ها محدود نشده، بلکه میان همه‌ی آن‌ها و در فاصله‌های گوناگون وارد می‌شود. بدیهی است که در شبکه‌ی بلور جامدهای یونی، نیروهای جاذبه‌ی میان یون‌های ناهمنام بر نیروهای دافعه‌ی میان یون‌های همنام غالب است.

۴-۳- آنتالپی فروپاشی شبکه‌ی بلور ($\Delta H_{\text{فروپاشی}}$)

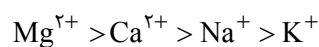
آنتالپی فروپاشی، گرمای مصرف شده در فشار ثابت، برای فروپاشی یک مول از شبکه‌ی یونی و تبدیل آن به یون‌های گازی

سازنده است. برای نمونه، انرژی لازم برای فروپاشی شبکه‌ی یونی سدیم کلرید 787 KJ.mol^{-1} است:

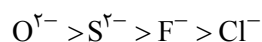


❖ نکته‌ی ۱: چگالی بار یک یون، هم‌ارز با نسبت بار به حجم آن یون است.

از چگالی بار (نسبت بار یون به حجم آن، و یا به طور ساده‌تر، نسبت بار یون به شعاع آن) می‌توان برای مقایسه‌ی میزان برهم‌کنش میان یون‌ها استفاده کرد.

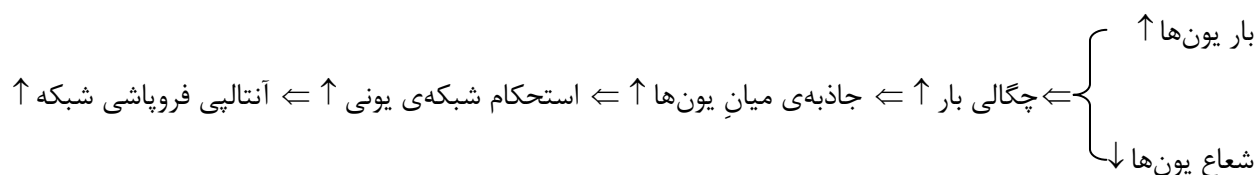


برای نمونه: ← مقایسه‌ی چگالی بار چند کاتیون گروه اول و دوم:

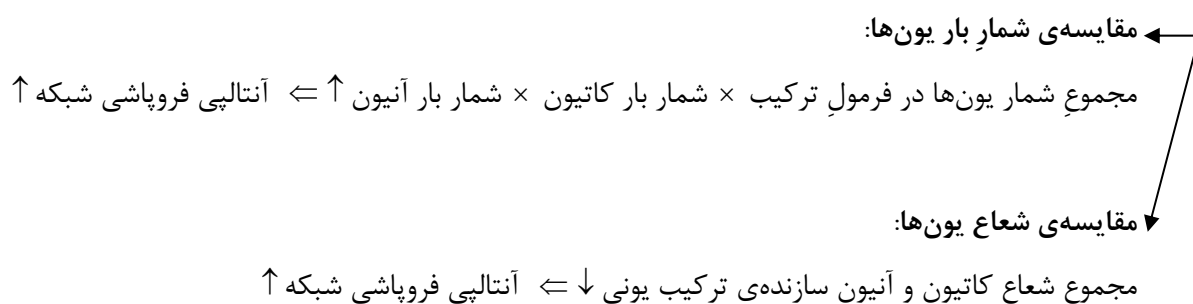


→ مقایسه‌ی چگالی بار چند آنیون گروه ۱۶ و ۱۷:

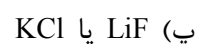
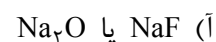
❖ نکته‌ی ۲: برای یون‌های سازنده‌ی یک جامد یونی، هرچه:



❖ نکته‌ی ۳: آنتالپی فروپاشی شبکه‌ی بلور با بارالکتریکی کاتیون و آنیون رابطه‌ی مستقیم و با شعاع آن‌ها رابطه‌ی عکس دارد. برای مقایسه‌ی مقدار آنتالپی فروپاشی شبکه‌ی بلور دو جامد یونی، می‌توان مراحل زیر را (به ترتیب اولویت) انجام داد:



تمرین: در هر مورد، کدام ترکیب، آنتالپی فروپاشی بیش‌تری دارد؟



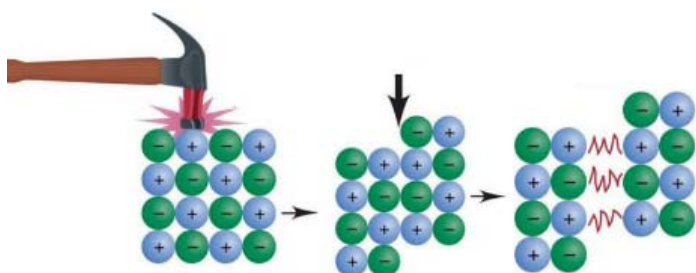
۴-۴- برخی رفتارهای جامدهای یونی:

رسانایی الکتریکی:

ترکیب‌های یونی در حالت جامد (S) نارسانا هستند. زیرا در این حالت، یون‌های سازنده توانایی جابه‌جا شدن ندارند و تنها در جای خود حرکت ارتعاشی دارند. اما در حالت مذاب یا محلول در آب، به دلیل جابه‌جایی یون‌ها به سوی قطب‌های ناهمنام، رسانای جریان الکتریکی هستند.

سختی: وجود پیوندهای قوی یونی میان یون‌های ناهمنام در شبکه‌ی بلور، موجب سختی جامد یونی می‌شود.

شکندگی: هنگامی که به یک جامد یونی ضربه‌ای در راستای معین وارد می‌شود، با جابه‌جایی لایه‌هایی از یون‌ها و قرار گرفتن یون‌های هم‌نام در مقابل یکدیگر، نیروهای دافعه‌ی آشکاری ایجاد می‌شود که سبب جدا شدن لایه‌ها و شکندگی جامد یونی می‌شود.

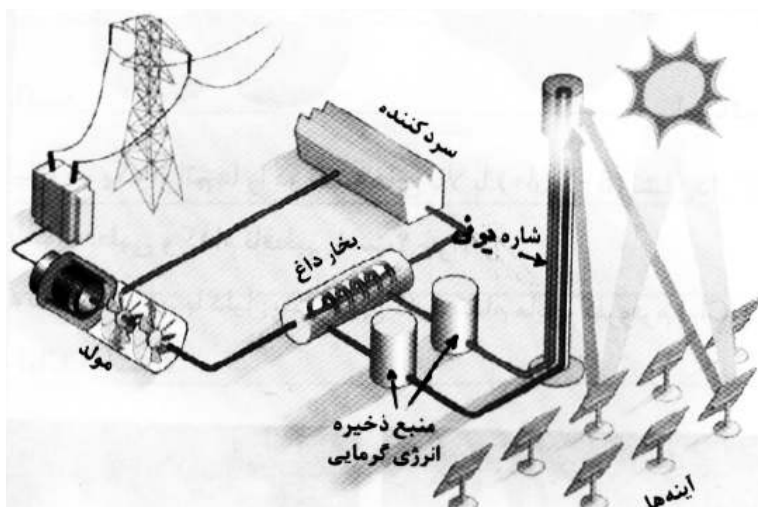


نقطه‌ی ذوب و جوش بالا: قوی بودن پیوند یونی سبب می‌شود انرژی زیادی برای به هم ریختن ساختار شبکه‌ی بلور جامد یونی و ذوب کردن آن نیاز باشد.

✓ اغلب از روی آنتالپی فروپاشی شبکه می‌توان نقطه‌ی ذوب جامدهای یونی را مقایسه کرد:

« هر چه چگالی بار یون‌های سازنده‌ی شبکه بلور ↑ ⇐ آنتالپی فروپاشی شبکه ↑ ⇐ نقطه‌ی ذوب ↑ »

۴-۵- استفاده از شارهای یونی و مولکولی برای تولید برق:



خورشید بزرگ‌ترین منبع انرژی برای زمین است. منبعی تجدیدپذیر که انرژی خود را با پرتوهای الکترومغناطیسی به سوی ما گسیل می‌دارد.

شکل روبه‌رو یکی از فناوری‌های پیشرفته برای تولید انرژی الکتریکی از انرژی خورشیدی را نشان می‌دهد:

در این فناوری، با متمرکز شدن پرتوهای خورشیدی بر روی گیرنده‌ی برج، دمای سدیم

کلرید مذاب (شاره‌ی یونی) افزایش می‌یابد و این شاره‌ی بسیار داغ به منبع ذخیره‌ی انرژی گرمایی سرازیر می‌شود تا حتی در روزهای ابری و شب هنگام، انرژی الکتریکی لازم برای تبدیل آب به بخار داغ را فراهم کند. بخار داغ، توربین را برای تولید انرژی الکتریکی به حرکت در می‌آورد.

✓ گستره‌ی دمایی سدیم کلرید مذاب در این فناوری در حدود $1350^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$ است. گستره‌ی دمایی که برای مواد مولکولی نمی‌توان انتظار داشت. از این‌رو ضرورت دارد از شاره‌ی یونی (مانند سدیم کلرید مذاب) در این فناوری استفاده شود.

❖ نکته: مطابق یک قاعده‌ی کلی، هر چه تفاوت بین نقطه‌ی ذوب و جوش یک ماده‌ی خالص بیشتر باشد، آن ماده در گستره‌ی دمایی بیش‌تری به حالت مایع بوده و نیروهای جاذبه‌ی میان ذره‌های سازنده‌ی آن قوی‌تر است.

«نیروهای جاذبه‌ی میان ذره‌های سازنده \uparrow \Leftarrow تفاوت میان نقطه‌ی ذوب و جوش \uparrow \Leftarrow گستره‌ی دمایی مایع ماندن \uparrow »

🔗 تمرین: در هر مورد، تفاوت نقطه‌ی ذوب و جوش را با یک‌دیگر مقایسه کنید.

آ) « N_2 و HF ، NaCl »

ب) « O_2 و H_2O ، Cu »

۱- (تجربی ۹۸- خارج) با توجه به جدول زیر که آنتالپی فروپاشی شبکه‌ی چند ترکیب را با یکای KJ.mol^{-1} نشان می‌دهد، می‌توان دریافت که انرژی فروپاشی شبکه‌ی بلور است.

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

(۱) Al_2O_3 کم‌تر از Fe_2O_3 است.

(۲) LiF کم‌تر از KJ.mol^{-1} ۹۲۶ است.

(۳) CaO از MgO کم‌تر و از NaF بیش‌تر است.

(۴) فلئورید عنصرها، در گروه اول، از بالا به پایین، همواره افزایش می‌یابد.

۲- (ریاضی ۹۹) چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- گشتاور دوقطبی آب بیش‌تر از هیدروژن سولفید و اتین است.
- در تولید برق از انرژی خورشیدی، شاره‌ی HF مناسب‌تر از NaCl است.
- به اتم مرکزی مولکول گوگرد تری‌اکسید می‌توان بار جزئی منفی را نسبت داد.
- از میان متداول‌ترین یون‌های عنصرهای سدیم، فلئور، منیزیم و اکسیژن، بزرگ‌ترین شعاع یونی به اکسیژن و کوچک‌ترین آن به منیزیم مربوط است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۳- (ریاضی ۹۹- خارج) اگر آنتالپی فروپاشی شبکه‌ی بلور جامد یونی AD از آنتالپی فروپاشی شبکه‌ی بلور جامد یونی AX_2 بیش‌تر باشد، کدام مطالب زیر می‌تواند درست باشد؟ (عنصرهای مولد یون‌های D و X در یک دوره از جدول تناوبی جای دارند).

(آ) شعاع اتمی D از شعاع اتمی X بزرگ‌تر است.

(ب) شعاع آنیون X از شعاع آنیون D کوچک‌تر است.

(پ) بار الکتریکی آنیون D از بار الکتریکی آنیون X بیش‌تر است.

(ت) D می‌تواند عنصری از گروه ۱۷ و X عنصری از گروه ۱۶ باشد.

۴ (۴) ب، پ، ت

۳ (۳) آ، ب، پ

۲ (۲) ب، پ

۱ (۱) آ، ت

۴- (ریاضی ۹۹- خارج/قدیم) چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- انرژی شبکه‌ی بلور MgO در مقایسه با MgF_2 بیش‌تر است.
- علت خرد شدن جامدهای یونی بر اثر ضربه، مجاور شدن یون‌های هم‌نام است.
- در ترکیب‌های یونی، کاتیون‌ها مانند آنیون‌ها، دارای آرایش الکترونی گاز نجیب‌اند.
- در هالیدهای هر فلز قلیایی، با افزایش عدد اتمی هالوژن، انرژی شبکه‌ی بلور افزایش می‌یابد.

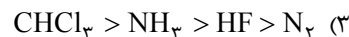
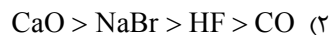
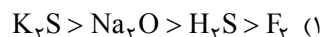
۴ (۴)

۳ (۳)

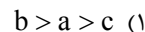
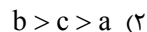
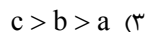
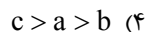
۲ (۲)

۱ (۱)

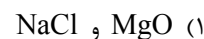
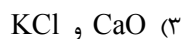
۲۱- (تجربی ۱/۱۴۰۳) کدام مقایسه درباره‌ی نقطه‌ی جوش گونه‌های داده‌شده درست است؟



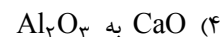
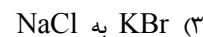
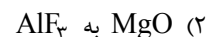
۲۲- (تجربی ۱/۱۴۰۳) اگر مجموع آنتالپی فروپاشی $MgO(s)$ و $KI(s)$ برابر a ، $LiF(s)$ و $Al_2O_3(s)$ برابر b ، $NaBr(s)$ و $AlF_3(s)$ برابر c باشد، کدام مقایسه درست است؟



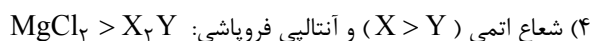
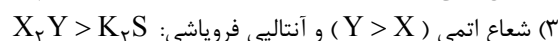
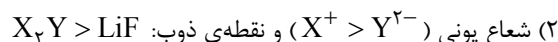
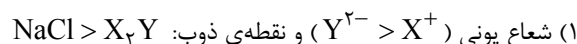
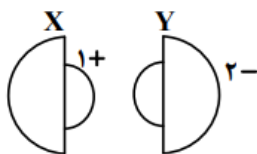
۲۳- (ریاضی ۲/۱۴۰۳ - خارج) تفاوت آنتالپی فروپاشی (با یکای کیلوژول بر مول) برای دو ترکیب یونی داده‌شده، در کدام مورد بیش‌تر است؟



۲۴- (ریاضی ۱/۱۴۰۴) نسبت آنتالپی فروپاشی شبکه‌ی بلور، در کدام مورد بزرگ‌تر است؟

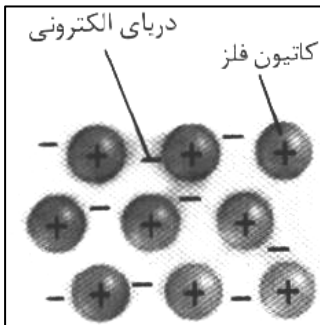


۲۵- (تجربی ۱/۱۴۰۴) شکل زیر، مقایسه‌ی شعاع اتمی و یون‌های پایدار دو عنصر دوره‌ی سوم جدول تناوبی عنصرها را نشان می‌دهد. کدام مورد درباره‌ی آن‌ها به یقین درست است؟



۵- جامد فلزی:

۵-۱- مدل دریای الکترونی:



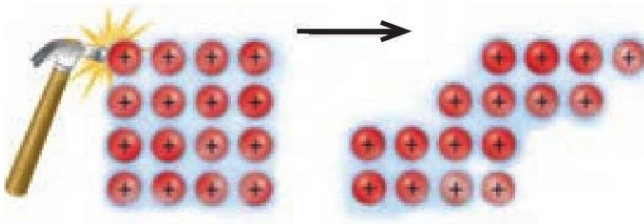
بر اساس این مدل، ساختار فلزها آرایش منظمی از کاتیون‌ها در سه بعد است که در فضای میان آن‌ها، سست‌ترین الکترون‌های موجود در اتم (الکترون‌های ظرفیت)، دریایی را ساخته‌اند و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند.

✓ جابه‌جایی آزادانه‌ی الکترون‌های ظرفیت سبب می‌شود نتوان آن‌ها را تنها متعلق به یک اتم دانست.

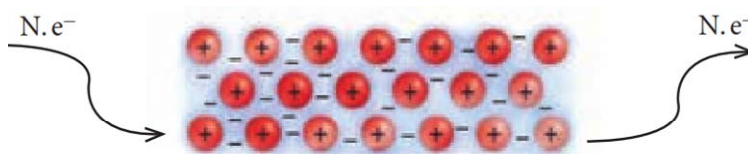
✓ دریای الکترونی عاملی است که چیدمان کاتیون‌ها را در شبکه‌ی بلوری فلز حفظ می‌کند.

❖ نکته‌ی ۱: مدل دریای الکترونی برای توجیه برخی رفتارهای فیزیکی ارائه شده است. برای نمونه:

← توجیه شکل‌پذیری و چکش‌خواری: هنگامی که ضربه‌ای به فلز وارد می‌شود، لایه یا لایه‌هایی از کاتیون‌ها در شبکه‌ی بلور جابه‌جا شده و در این تغییر شکل، دریای الکترونی جاذبه‌ی میان لایه‌ها را حفظ می‌کند.



→ توجیه رسانایی الکتریکی: به دلیل حرکت آزادانه و یکنواخت دریای الکترونی، هنگامی که جریانی از الکترون‌ها ($N.e^-$) از یک طرف وارد می‌شود، از سوی دیگر همان مقدار الکترون خارج می‌شود.



❖ نکته‌ی ۲:

فلزها در هر چهار دسته‌ی s، p، d و f

جدول دوره‌ای جای داشته، رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متنوعی دارند.

← برخی رفتارهای فیزیکی فلزها: داشتن جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل‌پذیری

→ برخی رفتارهای شیمیایی فلزها: واکنش‌پذیری، تنوع اعداد اکسایش

هر فلز افزون‌بر رفتارهای مشترک، رفتارهای ویژه‌ی خود را نیز دارد. برای نمونه، فلزهای دسته‌ی d (واسطه) همانند

فلزهای دسته‌ی s و p، جلا، رسانایی الکتریکی، رسانایی گرمایی و شکل‌پذیری دارند. اما در ویژگی‌هایی مانند:

سختی، نقطه‌ی ذوب و تنوع اعداد اکسایش با آن‌ها تفاوت دارند.

۵-۲- تیتانیوم، فلزی فراتر از انتظار:

تیتانیوم (${}_{22}\text{Ti}$) در میان فلزهای واسطه‌ی دوره‌ی چهارم، با ویژگی‌های باور نکردنی مانند ماندگای و استحکام مناسب، فلزی فراتر از انتظار است.

جدول زیر برخی ویژگی‌های تیتانیوم را در مقایسه با فولاد زنگ‌نزن نشان می‌دهد.

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

برخی کاربردهای تیتانیوم عبارتند از:

- ← در ساخت موتور جت: به دلیل دمای ذوب بالا، چگالی کم و مقاومت در برابر سایش
- ← در ساخت پروانه‌ی کشتی‌های اقیانوس‌پیما: به دلیل چگالی کم، مقاومت در برابر خوردگی و واکنش ناچیز با ذره‌های موجود در آب
- ← در ساخت بناهای هنرمندانه: به دلیل زیبایی، درخشش، شکل‌پذیری مناسب، چگالی کم و مقاومت در برابر خوردگی
- ← کاربرد به شکل آلیاژهای گوناگون: برای نمونه: نیتینول (معروف به آلیاژ هوشمند)، آلیاژی از تیتانیوم و نیکل است که در ساخت فراورده‌های صنعتی و پزشکی، مانند سازه‌های فلزی در ارتودنسی، استنت برای رگ‌ها و قاب عینک کاربرد دارد.

۵-۳- مواد رنگی:

احساس و درک رنگ به دلیل نورهایی است که از محیط پیرامون به چشم ما می‌رسد. نورهایی که طول موج آن‌ها در گستره‌ی ۴۰۰ nm تا ۷۰۰ nm است و چشم ما آن‌ها را می‌بیند. مواد رنگی بخشی از نور سفید تابیده شده را جذب و باقی‌مانده‌ی آن را عبور می‌دهند یا بازتاب می‌کنند. البته اگر یک نمونه ماده همه‌ی طول موج‌های مرئی را بازتاب کند، به رنگ سفید و اگر همه‌ی آن‌ها را جذب کند، به رنگ سیاه دیده می‌شود.

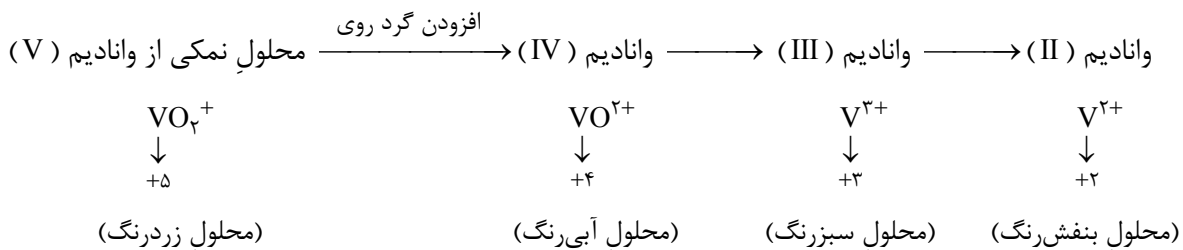
❖ نکته‌ی ۱: رنگ‌دانه، سازنده‌ی اصلی یک ماده‌ی رنگی است که به آن رنگ می‌بخشد.

چند نمونه از رنگ‌دانه‌های معدنی: TiO_2 (تیتانیوم (IV) اکسید): رنگ سفید ایجاد می‌کند.
 Fe_2O_3 (آهن (III) اکسید): رنگ قرمز ایجاد می‌کند.
 دوده: رنگ سیاه ایجاد می‌کند.

✓ در گذشته، رنگ‌دانه‌ها از مواد طبیعی همچون گیاهان، جانوران و برخی کانی‌ها تهیه می‌شدند. امروزه رنگ‌های صنعتی گوناگونی ساخته شده است که در صنایع غذایی، نساجی، ساختمانی و ... به کار می‌روند.
 ✓ رنگ‌هایی که برای پوشش سطح استفاده می‌شوند، نوعی کلویید هستند که لایه‌ی نازکی روی سطح ایجاد می‌کنند تا افزون بر زیبایی، مانع خوردگی در برابر اکسیژن، رطوبت و مواد شیمیایی گردند.

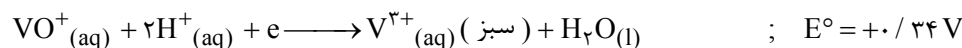
❖ نکته‌ی ۲: فلزهای واسطه در حالت‌های اکسایش متفاوت، رفتارهای متفاوتی دارند. برای نمونه، رنگ محلول نمک آن‌ها با یکدیگر تفاوت دارد.

برای نمونه، پیشرفت واکنش فلز روی با محلول نمکی از وانادیم (V) و تغییر رنگ آن به صورت زیر است:



✓ در این واکنش‌ها، فلز روی در نقش کاهنده و وانادیم در نقش اکسنده عمل می‌کند.

✎ تمرین: (المپیاد ۹۸) اضافه کردن پودر روی و قلع، به ترتیب، سبب ایجاد چه رنگی در محلول وانادیم (V) می‌شود؟



(۴) سبز - سبز

(۳) بنفش - سبز

(۲) آبی - آبی

(۱) بنفش - بنفش

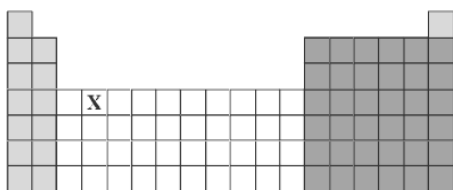
۱- (ریاضی ۹۸- خارج) به ۲۰۰ mL از محلول ۰/۰۲۵ مولار نمک وانادیم (V)، ۳۲۵ mg از فلز روی اضافه شده است. با توجه به جدول زیر، رنگ نهایی محلول کدام است؟ (واکنش در هر مرحله کامل انجام می‌شود و $Zn = 65 \text{ g.mol}^{-1}$)



(II)	(III)	(IV)	(V)	عدد اکسایش وانادیم
بنفش	سبز	آبی	زرد	رنگ محلول

- (۲) آبی
(۳) زرد
(۴) سبز

۲- (تجربی ۹۸) با توجه به جایگاه عنصر X در جدول دوره‌ای (در شکل زیر)، کدام عبارت درباره‌ی آن درست است؟



- (۱) در لایه‌ی ظرفیت اتم آن دو الکترون وجود دارد.
(۲) اکسید آن درصد بالایی در خاک رس دارد.
(۳) چگالی و نقطه‌ی ذوب آن، از عنصرهای هم‌دوره‌ی خود بالاتر است.
(۴) به دلیل ویژگی‌های خاص، آلیاژ آن در ساخت استنت برای رگ‌ها به کار می‌رود.

۳- (ریاضی ۹۹) چند مورد از مطالب زیر درست‌اند؟

- دریای الکترونی عاملی است که انسجام شبکه‌ی بلور فلز را حفظ می‌کند.
- مجموع الکترون‌های اتم‌های هر فلز در به وجود آمدن دریای الکترونی شرکت دارند.
- دریای الکترونی در شبکه‌ی بلور فلز وانادیم، سرمنشاء اعداد اکسایش متنوع آن است.
- رسانایی الکتریکی و گرمایی و چکش‌خواری فلزات را می‌توان با مفهوم دریای الکترونی توضیح داد.
- جاذبه‌ی قوی میان هسته اتم‌های فلز و دریای الکترونی سبب می‌شود که هسته‌ی اتم‌ها در مکان‌های مشخصی به طور ثابت جای بگیرند و تغییر مکان ندهند.

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۴- (ریاضی ۱۴۰۲/۱) ساختار فلزها، آرایش منظمی از کاتیون‌ها در بعد است که در فضای بین آن‌ها، سست‌ترین الکترون‌های موجود در آزادانه جابه‌جا می‌شوند.

- (۱) دو - کاتیون‌ها (۲) دو - اتم‌های فلز (۳) سه - اتم‌های فلز (۴) سه - کاتیون‌ها

۵- (ریاضی ۱۴۰۲/۲) کدام یک از موارد زیر درست است؟

- الف: در یون‌های پایدار فلزهای اصلی، شمار الکترون‌ها در همه‌ی زیرلایه‌های الکترونی زوج است.
ب: یون‌های پایدار به دست آمده از اتم‌های ^{31}Ga و ^{65}Zn ، آرایش الکترونی مشابه دارند.
پ: رنگ محلول نمک وانادیم، در واکنش اکسایش با گرد فلز روی از زرد به بنفش تغییر می‌کند.
ت: استفاده از گیاهان جاذب فلز، یکی از روش‌های مناسب استخراج فلزهای نیکل، مس و طلا است.

- (۱) «الف» و «پ» (۲) «الف» و «ب» (۳) «پ» و «ت» (۴) «ب» و «ت»

۶- (ریاضی ۱/۱۴۰۳) کدام موارد درباره‌ی مقایسه‌ی ویژگی‌های فولاد و تیتانیوم درست است؟

الف: نقطه‌ی ذوب: فولاد > تیتانیوم

ب: شدت واکنش خوردگی: تیتانیوم > فولاد

پ: مقاومت در برابر واکنش با ذره‌های موجود در آب دریا: فولاد < تیتانیوم

ت: میزان استفاده در ساخت پروانه‌ی کشتی: فولاد < تیتانیوم

(۱) «الف» و «ب» (۲) «الف» و «پ» (۳) «ب» و «ت» (۴) «پ» و «ت»

۷- (ریاضی ۲/۱۴۰۳) کدام مورد نادرست است؟

(۱) رنگ دانه‌های معدنی TiO_2 و Fe_2O_3 به‌عنوان نوعی کلورید، برای رنگ پوششی سطوح استفاده می‌شوند.

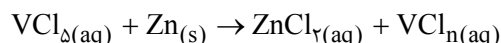
(۲) یکی از دلایل استفاده از تیتانیوم در ساخت پروانه‌ی کشتی، واکنش‌پذیری ناچیز آن با ذره‌های موجود در آب دریاست.

(۳) در جامد یونی، آرایش یون‌ها از یک الگوی تکراری پیروی می‌کند و هرچه نیروی جاذبه‌ی میان یون‌ها قوی‌تر باشد، استحکام شبکه‌ی یونی بیش‌تر است.

(۴) فلزهای دسته‌ی d، همانند فلزهای دسته‌ی s و p رسانایی گرمایی و الکتریکی دارند، اما در ویژگی‌هایی مانند سختی، نقطه‌ی ذوب و تنوع عدد اکسایش تفاوت دارند.

۸- (تجربی ۲/۱۴۰۳) با توجه به معادله‌ی داده‌شده، ۰/۰۱۲ مول وانادیم (V) کلرید با ۰/۳۹ گرم فلز روی واکنش کامل می‌دهد. محلول

حاصل کدام رنگ را دارد؟ (معادله‌ی واکنش موازنه شود و $Zn = 65 \text{ g.mol}^{-1}$)



(۱) سبز

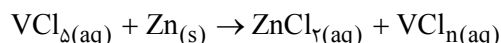
(۲) زرد

(۳) بنفش

(۴) آبی

۹- (تجربی ۲/۱۴۰۳ - خارج) با توجه به معادله‌ی داده‌شده، از واکنش چند مول وانادیم (V) کلرید با ۳/۹ گرم فلز روی، محلول بنفش

رنگ از نمک وانادیم تشکیل می‌شود؟ (معادله‌ی واکنش موازنه شود و $Zn = 65 \text{ g.mol}^{-1}$)



(۱) ۰/۰۱

(۲) ۰/۰۲

(۳) ۰/۰۳

(۴) ۰/۰۴

۱۰- (تجربی ۱/۱۴۰۴) در کدام موارد، ساختار بیان‌شده درباره‌ی جامد مربوطه درست است؟

الف - جامد فلزی: آرایش منظم کاتیون‌ها در سه بُعد

ب - جامد مولکولی: آرایش منظم اتم‌ها در سه بُعد

ج - جامد کووالانسی: چینش دو یا سه بُعدی از اتم‌ها

د - جامد یونی: چینش دو یا سه بُعدی از یون‌های مثبت و منفی

(۱) «ب» و «د» (۲) «ب» و «ج» (۳) «الف» و «د» (۴) «الف» و «ج»

Blank lined area for notes.

Blank lined area for notes.

فصل چهارم:

شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر

فهرست مطالب

۱- حذف یا کاهش آلاینده‌های هوا

- ۱-۱- انرژی فعال‌سازی
- ۲-۱- کاتالیزگر و نقش آن در واکنش
- ۳-۱- آلاینده‌های خروجی از خودروها
- ۴-۱- شناسایی آلاینده‌ها با طیف‌سنجی
- ۵-۱- مبدل‌های کاتالیستی

۲- تعادل‌های شیمیایی

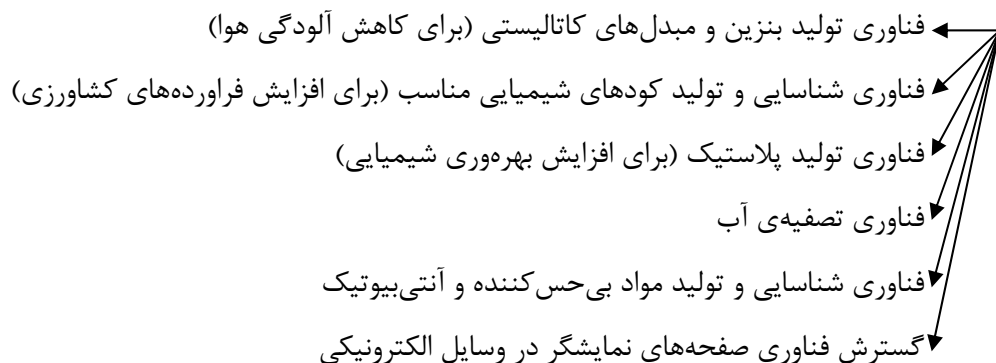
- ۱-۲- سامانه‌ی تعادلی
- ۲-۲- ثابت تعادل
- ۳-۲- محاسبه‌های مربوط به ثابت تعادل
- ۱-۳-۲- مسائل با مقادیر تعادلی معلوم
- ۲-۳-۲- مسائل با مقادیر اولیه‌ی معلوم
- ۳-۳-۲- مسائل مربوط به وضعیت سامانه
- ۴-۳-۲- مسائل مربوط به درصد پیشرفت واکنش
- ۴-۲- عوامل موثر بر تعادل
- ۱-۴-۲- اثر تغییر غلظت بر تعادل
- ۲-۴-۲- اثر تغییر فشار بر تعادل
- ۳-۴-۲- اثر تغییر دما بر تعادل
- ۴-۴-۲- شرایط بهینه در فرایند هابر

۳- فناوری ساخت مواد شیمیایی

- ۱-۳- ارزش فناوری‌های شیمیایی
- ۲-۳- سنتز مولکول‌های آلی
- ۳-۳- فناوری شیمیایی ساخت PET
- ۴-۳- فناوری شیمیایی بازیافت PET
- ۵-۳- فناوری شیمیایی تولید متانول

۱- حذف یا کاهش آلاینده‌های هوا

شیمی و فناوری‌های آن نقش پررنگی برای گذر از تنگناها و رسیدن به زندگی مدرن امروزی داشته است. برخی از دستاوردهای مهم شیمی در این راستا عبارتند از:



۱-۱- انرژی فعال‌سازی (E_a)

به حداقل انرژی لازم برای آغاز یک واکنش شیمیایی، انرژی فعال‌سازی آن واکنش گفته می‌شود. یکی از راه‌های تأمین انرژی فعال‌سازی، گرما دادن به واکنش‌دهنده‌ها است.

✓ انرژی فعال‌سازی همانند یک سد انرژی در فرایند تبدیل واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها عمل می‌کند.

«هرچه انرژی فعال‌سازی (E_a) \uparrow سرعت واکنش (R) \downarrow و واکنش در شرایط دشوارتر و دمای بالاتر قابل انجام است.»

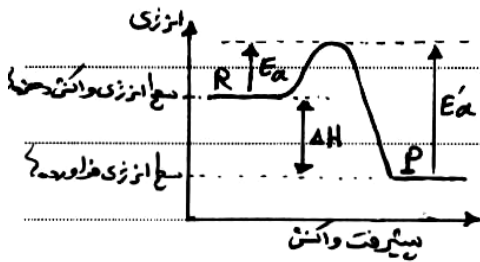
✓ بزرگ بودن E_a نشان می‌دهد واکنش‌دهنده‌ها برای عبور از این سد انرژی، به انرژی بیش‌تری نیاز خواهند داشت. بنابراین باید دمای واکنش‌دهنده‌ها افزایش یابد تا انرژی آن‌ها افزایش یافته و به این ترتیب، سرعت تبدیل آن‌ها به فراورده افزایش یابد.

✓ در نمودارهای «انرژی - پیشرفت واکنش»:

← به تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و قله‌ی انرژی، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت (E_a) گفته می‌شود.
 → به تفاوت سطح انرژی فراورده‌ها و قله‌ی انرژی، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت (E'_a) گفته می‌شود.

✓ بررسی نمودارهای « انرژی - پیشرفت »:

برای یک واکنش گرماده (R → P + Q):



(۱) سطح انرژی فرآورده‌ها پایین‌تر از واکنش‌دهنده‌ها است.

(۲) آنتالپی واکنش مقداری منفی ($\Delta H < 0$) است.

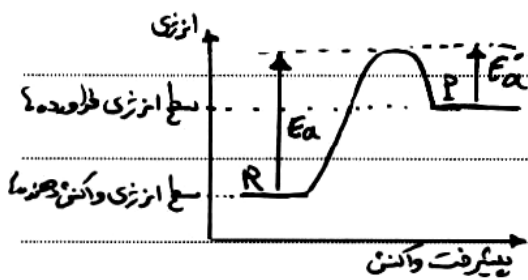
(۳) مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده‌ها کم‌تر از فرآورده‌ها

است. $\Delta H = (\text{مجموع آنتالپی پیوندها در فرآورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده‌ها}) < 0$

(۴) انرژی فعال‌سازی واکنش رفت کم‌تر از برگشت است. ($E_a < E'_a$)

(۵) در شرایط یکسان، سرعت واکنش رفت بیش‌تر از سرعت واکنش برگشت است.

برای واکنش گرماگیر (R + Q → P):



(۱) سطح انرژی فرآورده‌ها بالاتر از واکنش‌دهنده‌ها است.

(۲) آنتالپی واکنش مقداری مثبت ($\Delta H > 0$) است.

(۳) مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده‌ها بیش‌تر از

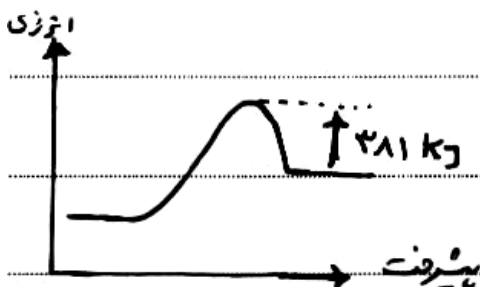
فرآورده‌ها است. $\Delta H = (\text{مجموع آنتالپی پیوندها در فرآورده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده‌ها}) > 0$

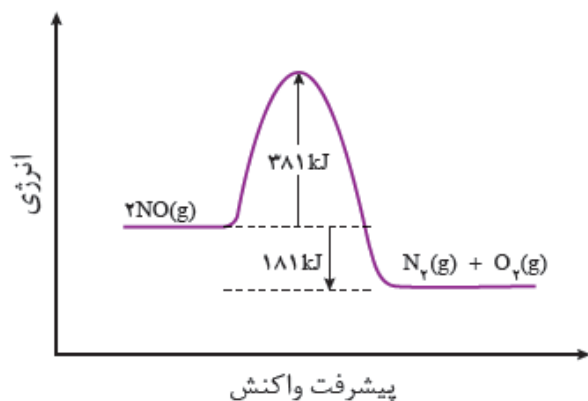
(۴) انرژی فعال‌سازی واکنش رفت بیش‌تر از برگشت است. ($E_a > E'_a$)

(۵) در شرایط یکسان، سرعت واکنش رفت کم‌تر از سرعت واکنش برگشت است.

تمرین: در واکنش $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ ، اگر به ازای تولید ۳ گرم گاز نیتروژن مونوکسید، $9/05 \text{ kJ}$

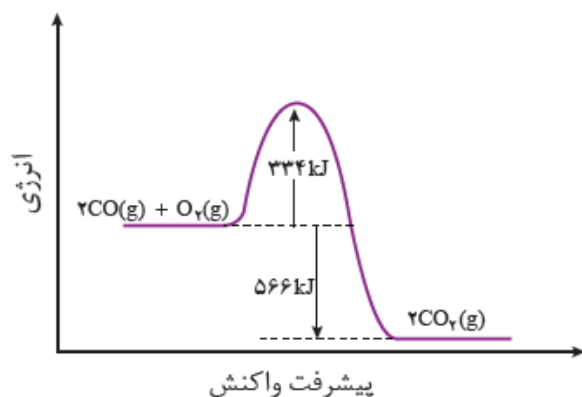
گرما مصرف شود، انرژی فعال‌سازی واکنش را بر اساس نمودار روبه‌رو به دست آورید. ($N = 14, O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$)





❖ نکته‌ی ۱: همان‌طور که در مثال بالا مشخص است، انرژی فعال‌سازی واکنش $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ بزرگ است؛ به طوری که گاز نیتروژن در دمای پایین (مانند دمای اتاق) با اکسیژن واکنش نمی‌دهد. زیرا در این دماها، انرژی لازم برای عبور واکنش‌دهنده‌ها از سد انرژی تأمین نمی‌شود. اما در دماهای بسیار بالا، مانند دمای موتور خودروها که به بیش از $1000^\circ C$ می‌رسد، اندکی از آن‌ها به نیتروژن مونوکسید تبدیل می‌شوند.

✓ این واکنش برگشت‌پذیر است. اما انرژی فعال‌سازی واکنش $2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$ نیز بزرگ است؛ به طوری که برای انجام آن یا باید با دادن گرما به واکنش، انرژی فعال‌سازی آن را تأمین کرد یا به کمک کاتالیزگر مناسب، انرژی فعال‌سازی را کاهش داد تا در دماهای به نسبت پایین‌تر انجام می‌شود.



❖ نکته‌ی ۲: واکنش $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$ نیز به دلیل بزرگ بودن E_a در دماهای پایین انجام نمی‌شود. از این‌رو برای انجام آن یا باید به آن گرما داده شود تا انرژی فعال‌سازی آن تأمین شود یا به کمک کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی آن کاهش یابد.

❖ نکته‌ی ۳: واکنش $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ نیز به دلیل بزرگ بودن E_a در دمای اتاق انجام نمی‌شود. از این‌رو یا به کمک کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی آن کاهش می‌یابد یا با ایجاد جرقه، انرژی فعال‌سازی آن تأمین می‌شود.

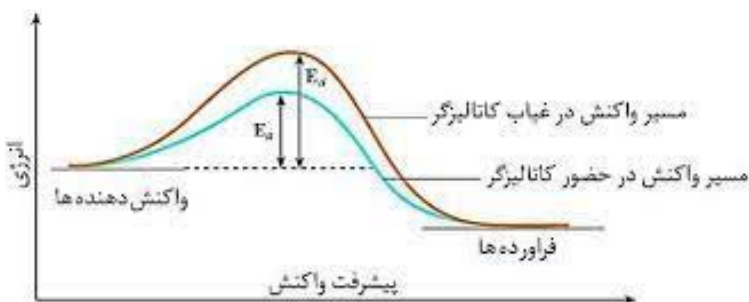
شرایط آزمایش	دما ($^\circ C$)	سرعت واکنش	آنتالپی واکنش (kJ)
بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	-۵۷۲
ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	انفجاری	-۵۷۲
در حضور پودر روی	۲۵	سریع	-۵۷۲
در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری	-۵۷۲

این در حالی است که که برخلاف گاز هیدروژن، فسفر سفید در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد. این امر به دلیل کم بودن

انرژی فعال‌سازی واکنش $P_4(s) + 5O_2(g) \rightarrow P_4O_{10}(s)$ است.

۲-۱- کاتالیزگر و نقش آن در واکنش:

کاتالیزگر ماده‌ای است که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد، در حالی که خودش در پایان واکنش باقی می‌ماند.



✓ در واقع کاتالیزگر با تغییر مسیر واکنش، انرژی فعال‌سازی را کاهش می‌دهد و سبب می‌شود واکنش‌دهنده‌ها با انرژی کمتر و سریع‌تر به فراورده‌ها تبدیل شوند.

« وجود کاتالیزگر ← تغییر مسیر واکنش ← کاهش انرژی فعال‌سازی ← افزایش سرعت واکنش »

❖ نکته‌ی ۱: کاتالیزگر سبب تغییرات زیر می‌شود:

- ← مسیر و سازوکار انجام واکنش را تغییر می‌دهد.
- ← زمان رسیدن به قله‌ی انرژی را کاهش می‌دهد.
- ← انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و برگشت را به یک اندازه کاهش می‌دهد.
- ← سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را به یک اندازه افزایش می‌دهد.

❖ نکته‌ی ۲: کاتالیزگر موارد زیر را تغییر نمی‌دهد:

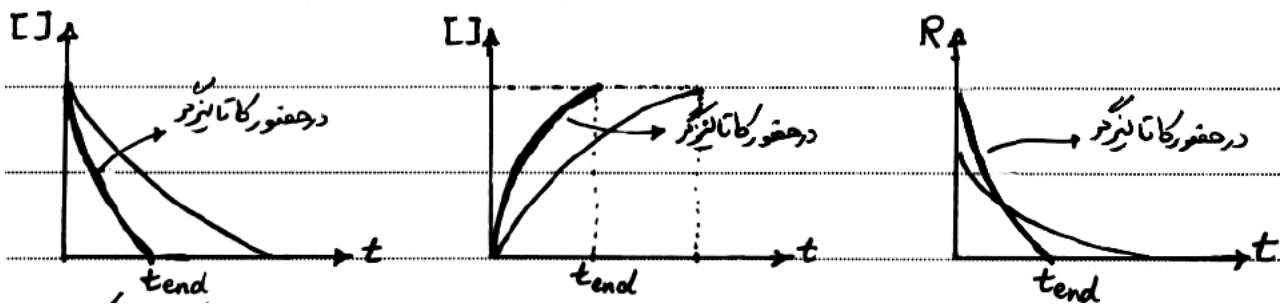
- ← سطح انرژی واکنش دهنده‌ها (H_1) و فراورده‌ها (H_2) و در نتیجه، آنتالپی واکنش (ΔH)
- ← مقدار و نوع فراورده
- ← انجام طبیعی / غیرطبیعی واکنش

❖ نکته‌ی ۳:

- ← کاتالیزگر در واکنش شرکت می‌کند اما در پایان، مصرف نشده باقی می‌ماند. از این رو می‌توان آن را بارها به کاربرد.
- ← استفاده از کاتالیزگر در صنایع گوناگون سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود. زیرا در این صورت برای سرعت بخشیدن به واکنش‌ها نیازی به افزایش دما از طریق سوزاندن سوخت‌های فسیلی نیست.
- ← کاتالیزگر اغلب اختصاصی و انتخابی عمل می‌کند بنابراین هر کاتالیزگر به شمار معدودی واکنش سرعت می‌بخشد.
- ← در حضور کاتالیزگر نباید واکنش‌های ناخواسته‌ی دیگری انجام شود.
- ← کاتالیزگر در شرایط انجام واکنش باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد.

❖ نکته‌ی ۴: برخی واکنش‌ها در صنعت، فقط در دما و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فراورده‌ها در آن‌ها به دلیل مصرف انرژی، صرفه‌ی اقتصادی ندارد. با استفاده از کاتالیزگر مناسب، می‌توان این واکنش‌ها را در فشار و دمای پایین‌تر انجام داد.

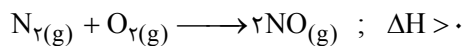
❖ نکته‌ی ۵: نمودارهای «غلظت - زمان» و «سرعت - زمان» در حضور کاتالیزگر به صورت زیر تغییر می‌کنند:



نمودار «سرعت - زمان» نمودار «غلظت - زمان» برای فراورده نمودار «غلظت - زمان» برای واکنش‌دهنده

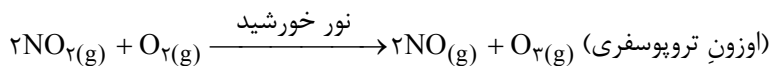
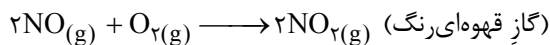
۳-۱- آلاینده‌های خروجی از خودروها:

← گاز نیتروژن مونوکسید ($\text{NO}(\text{g})$): از واکنش گاز نیتروژن و اکسیژن موجود در هوا، در دمای بالا ($> 1000^\circ\text{C}$) درون موتور خودرو تولید می‌شود.



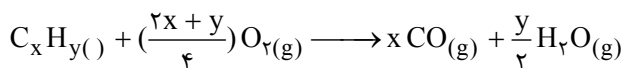
این واکنش تنها در دماهای بالا به تدریج انجام‌پذیر می‌شود.

گاز $\text{NO}(\text{g})$ در هواکره با اکسیژن واکنش داده، نیتروژن دی‌اکسید ($\text{NO}_2(\text{g})$) را به وجود می‌آورد که خود عامل تشکیل اوزون تروپوسفری است.

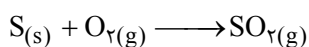


▼ هیدروکربن‌های نسوخته (C_xH_y): وجود آن‌ها یا به دلیل نامرغوب بودن سوخت و یا به دلیل کافی نبودن اکسیژن برای سوختن آن می‌باشد.

▼ گاز کربن مونوکسید ($\text{CO}(\text{g})$): از سوختن ناقص سوخت در موتور خودرو تولید می‌شود.



▼ گاز گوگرد دی‌اکسید ($\text{SO}_2(\text{g})$): از سوختن سوخت‌های نامرغوب حاوی مواد گوگرددار تولید می‌شود.



❖ نکته: در هوای آلوده، افزون بر اجزای سازنده‌ی هوای پاک، گازهایی مانند NO ، NO_2 ، O_3 ، SO_2 ، CO و همچنین ذره‌های معلق و مواد آلی فرار وجود دارد.

۴-۱- شناسایی آلاینده‌ها با طیف‌سنجی:

برای تعیین نوع و مقدار آلاینده‌ها در یک نمونه هوای آلوده، رفتار (برهم‌کنش) آن‌ها با پرتوهای الکترومغناطیسی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اگر یک نمونه ماده در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی قرار گیرد، بسته به ساختاری که دارد، ممکن است گستره‌ی معینی از آن‌ها را جذب و پرتوهای باقی مانده را بازتاب کند یا عبور دهد.

✓ شیمی‌دان‌ها با استفاده از برهم‌کنش میان ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی (پرتوهای فرسرخ، فرابنفش، نورمرئی، امواج رادیویی و ...)، روش‌های گوناگون طیف‌سنجی را برای شناسایی ساختار مواد پایه‌گذاری کرده‌اند. MRI نمونه‌ای از کاربرد طیف‌سنجی در علم پزشکی است.

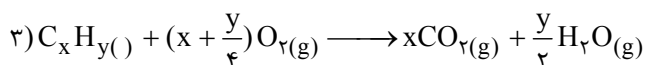
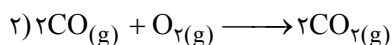
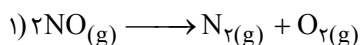
✓ یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای شناسایی مواد، طیف‌سنجی فرسرخ نام دارد. برخی کاربردهای این روش عبارتند از:

- ← شناسایی گروه‌های عاملی: با توجه به متفاوت بودن شمار و نوع اتم‌های سازنده‌ی گروه‌های عاملی، هر یک از آن‌ها تنها گستره‌ی معین و منحصر به فردی از پرتوهای فرسرخ را جذب می‌کنند.
- ← شناسایی آلاینده‌هایی مانند CO و NO_x (اکسیدهای نیتروژن) در هواکره
- ← شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای.

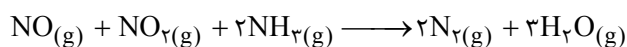
۵-۱- مبدل‌های کاتالیستی:

مبدل‌های کاتالیستی قطعه‌های سرامیکی به شکل توری هستند که بر سطح آن‌ها فلزهای پلاتین (Pt)، پالادیم (Pd) و رودیم (Rh) به صورت توده‌های فلزی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر نشانده شده‌است. برای افزایش کارایی مبدل‌ها، گاهی سرامیک را به شکل مش (دانه)‌های ریز درمی‌آورند و کاتالیزورها را روی آن می‌نشانند. در این حالت، سطح تماس کاتالیزگر با گازهای خروجی افزایش می‌یابد.

❖ نکته‌ی ۱: پیش از خروج آلاینده‌ها از اگزوز خودرو، می‌توان با انجام واکنش‌های زیر میزان آلاینده‌گی آن‌ها را کاهش داد یا حذف نمود. البته برای انجام این واکنش‌ها، در دماهای به نسبت پایین‌تر و زمان بسیار کوتاه، به کاتالیزگرهای مناسبی نیاز است.



❖ نکته‌ی ۲: با کمک مبدل‌های کاتالیستی مورد استفاده در خودروهای بنزینی نمی‌توان گازهای NO و NO_۲ خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل نمود. از این‌رو، مبدل‌های خاصی برای این خودروها طراحی شده‌اند. در این مبدل‌ها، با ورود آمونیاک به بخش میانی مبدل و با انجام واکنش زیر، گازهای NO و NO_۲ تا حد زیادی به گاز N_۲ تبدیل می‌شوند.



❖ نکته‌ی ۳: از آن‌جا که هر کاتالیزگر در گستره‌ی دمایی معین عملکرد بهینه دارد، به هنگام روشن و گرم شدن خودرو، به ویژه در روزهای سرد زمستان، عملکرد آن کاهش می‌یابد و آلاینده‌های بیشتری در خروجی از اگزوز خودروها مشاهده می‌شود.

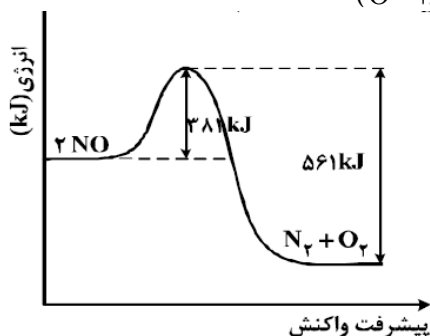
۱- (تجربی ۹۶) کدام موارد از مطالب زیر درست اند؟

- (آ) هر کاتالیزگر می تواند یک واکنش معین را سرعت بخشد.
 (ب) کاتالیزگرها باید در برابر شرایط انجام واکنش های شیمیایی پایدار بمانند.
 (پ) مبدل کاتالیستی خودروها، توری هایی از جنس فلزهای پلاتین، پالادیم و رودیوم هستند.
 (ت) گاز N_2O خروجی آگزوز خودروها در مجاورت مبدل کاتالیستی، به سرعت به گاز NO_2 مبدل می شود.

(۱) آ، ب (۲) آ، ب، پ (۳) پ، ت (۴) ب، پ، ت

۲- (تجربی ۹۸- خارج/قدیم) با توجه به نمودار و داده های جدول زیر، در اثر پیمایش 100 Km مسافت به وسیله ی یک خودروی دارای

مبدل کاتالیستی، چند کیلوژول گرما در مبدل کاتالیستی تولید می شود؟ ($O = 16; N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$)



با مبدل کاتالیستی	بدون مبدل کاتالیستی	آلاینده (g.Km^{-1})
۰/۰۴	۱/۰۴	

- (۱) ۲۰۰
 (۲) ۲۶۰
 (۳) ۳۰۰
 (۴) ۳۶۰

۳- (ریاضی ۹۹) فعال سازی واکنش: $2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$ برابر 380 کیلوژول است. اگر تفاوت سطح انرژی واکنش دهنده ها و فراورده های آن برابر 180 کیلوژول و واکنش گرماده باشد، کدام مورد از مطالب زیر درست است؟

- (آ) به ازای مصرف 0.25 مول گاز NO ، 0.125 مول گاز N_2 تشکیل و 45 کیلوژول گرما آزاد می شود.
 (ب) آنتالپی واکنش برابر -180 کیلوژول است و سطح انرژی فراورده ها از واکنش دهنده ها پایین تر است.
 (پ) با کاربرد کاتالیزگر، شمار ذره هایی که در واحد زمان به فراورده تبدیل می شوند، افزایش یافته و سرعت واکنش بیش تر می شود.
 (ت) اگر با کاربرد کاتالیزگر، انرژی فعال سازی واکنش به 190 کیلوژول برسد، تفاوت سطح انرژی واکنش دهنده ها و فراورده ها 50 درصد کاهش می یابد.

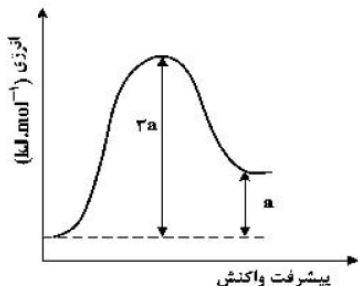
(۱) آ، پ (۲) ب، ت (۳) آ، پ، ت (۴) ب، پ

۴- (ریاضی ۹۹) با توجه به داده های جدول زیر، اگر روزانه 800000 خودرو در شهری رفت و آمد کنند و هر خودرو، به گونه ی میانگین، 50 کیلومتر مسافت را بپیماید، با نصب مبدل کاتالیستی در آگزوز موتور خودرو، روزانه از ورود چند تن از این سه ماده ی آلاینده به هوا جلوگیری می شود و در این شرایط، چند درصد جرمی گازهای خروجی از آگزوز را گاز CO تشکیل خواهد شد؟

فرمول شیمیایی آلاینده	CO	C_xH_y	NO
مقدار آلاینده	۶/۰	۱/۶۶	۱/۰۳
g.km^{-1}	در مجاورت مبدل	در مجاورت مبدل	در نبود مبدل
	۰/۶	۰/۰۶	۰/۰۴

- (۱) $288/4$ ، $74/14$
 (۲) $288/4$ ، $85/71$
 (۳) $319/6$ ، $74/14$
 (۴) $319/6$ ، $85/71$

۵- (ریاضی ۹۹- خارج) با توجه به نمودار تغییر انرژی نسبت به پیشرفت واکنش: $A(g) + X(g) \rightarrow D(g)$ که نشان داده شده است، کدام مطلب درست است؟



- (۱) سرعت واکنش، کم و $\Delta H - E_a = 2a$ است.
- (۲) به ازای مصرف ۰/۱ مول گاز A، $0.1a$ KJ انرژی نیاز است.
- (۳) با افزایش دمای واکنش، سرعت آن افزایش می‌یابد، زیرا $E_a < 3a$ می‌شود.
- (۴) بیش‌ترین مقدار انرژی لازم برای انجام واکنش، برابر ۳ و کم‌ترین مقدار آن، برابر a KJ است.

۶- (تجربی ۹۹) کدام گزینه درست است؟

- (۱) افزایش دما، سرعت واکنش‌های گرماگیر و گرماده را افزایش می‌دهد.
- (۲) واکنش گاز هیدروژن با اکسیژن، گرماده و در مجاورت گرد روی، انفجاری است.
- (۳) واکنش‌های حذف آلاینده‌های آگروز خودروها، در دماهای پایین، گرماده و سریع‌اند.
- (۴) با کاربرد کاتالیزگر می‌توان E_a را به اندازه‌ای کاهش داد که واکنش گرماگیر به گرماده تبدیل شود.

۷- (تجربی ۹۹/قدیم) اگر در واکنش فرضی $A(g) + D(g) \rightarrow 2E(g)$ ، انرژی فعال‌سازی در جهت رفت برابر ۴۵ کیلوژول و ΔH واکنش برابر ۹۰- کیلوژول باشد، کدام مطلب درباره‌ی این واکنش درست است؟

- (۱) محتوای انرژی فراورده‌ها از محتوای انرژی واکنش‌دهنده‌ها بیش‌تر است.
- (۲) تشکیل ۰/۲۵ مول گاز E، با آزاد شدن ۱۱/۲۵ کیلوژول گرما همراه است.
- (۳) واکنش در جهت برگشت گرماگیر است و سریع‌تر از واکنش رفت انجام می‌گیرد.
- (۴) انرژی فعال‌سازی آن در جهت برگشت، ۲/۵ برابر انرژی فعال‌سازی آن در جهت رفت است.

۸- (تجربی ۹۹- خارج) با توجه به واکنش $NO_2(g) + NO(g) + NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O(g)$ ، چند مورد از مطالب زیر نادرست است؟

- آمونیاک کاهنده و اکسیدهای نیتروژن اکسنده‌اند.
- اکسندها چهار الکترون گرفته و کاهنده، سه الکترون می‌دهد.
- پس از موازنه‌ی معادله‌ی واکنش، مجموع ضرایب مواد برابر ۱۰ می‌شود.
- این واکنش برای حذف آمونیاک و تبدیل آن به N_2 در مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی انجام می‌شود.

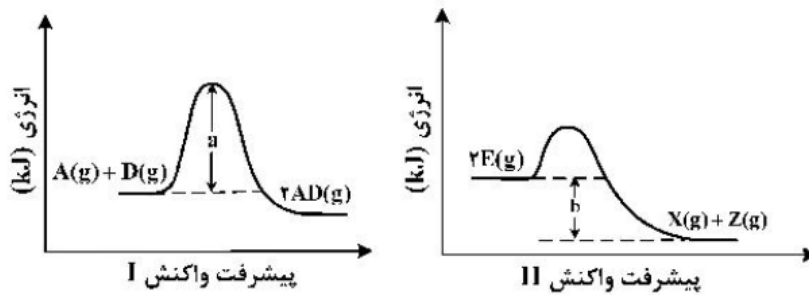
۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۹- (ریاضی ۱۴۰۰) با توجه به نمودارهای زیر کدام مطلب نادرست است؟ (در محورهای عمودی نمودارها، مقیاس یکسان است.)



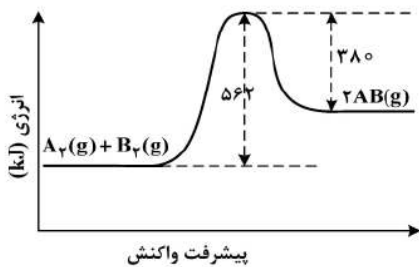
(۱) در صورت تامین a kJ انرژی، هر دو واکنش I و II انجام پذیرند.

(۲) گرمایی که به ازای مصرف ۱ مول $E(g)$ آزاد می‌شود، برابر $\frac{b}{4}$ kJ است.

(۳) در واکنش II، در مقایسه با واکنش I، فراورده(ها) نسبت به واکنش دهنده(ها) پایدارترند.

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

۱۰- (تجربی ۱۴۰۰) با توجه به نمودار «انرژی - پیشرفت واکنش» زیر، آنتالپی پیوند بین اتم‌های A و B برابر چند کیلوژول بر مول است؟ (آنتالپی پیوند بین اتم‌ها در مولکول‌های A_2 و B_2 ، به ترتیب برابر ۹۴۰ و ۴۹۲ کیلوژول بر مول است.)



(۱) ۶۲۵

(۲) ۵۶۲

(۳) ۱۲۵۰

(۴) ۱۱۲۴

۱۱- (ریاضی ۱۴۰۱) انرژی فعال‌سازی و آنتالپی واکنش $2NO(g) \rightleftharpoons N_2(g) + O_2(g)$ ، در نبود کاتالیزگر به ترتیب برابر ۳۸۱ و ۱۸۱- کیلوژول است. اگر با استفاده از مبدل کاتالیستی در اگزوز خودرو، انرژی فعال‌سازی واکنش به ۲۸۰ کیلوژول کاهش یابد، کدام مطلب در مورد آن درست است؟

(۱) با استفاده از کاتالیزگر، آنتالپی واکنش و محتوای انرژی فراورده‌ها به تقریب ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

(۲) در نبود کاتالیزگر و با استفاده از کاتالیزگر، محتوای انرژی واکنش دهنده‌ها بیش تر از محتوای انرژی فراورده‌ها است.

(۳) در این واکنش، فراورده‌ها از واکنش دهنده‌ها پایدارترند و استفاده از کاتالیزگر سبب می‌شود که گرمای بیش تری به محیط منتقل شود.

(۴) با استفاده از کاتالیزگر، سرعت خروج اکسیژن از اگزوز افزایش می‌یابد. زیرا پایداری واکنش دهنده‌ها برای تبدیل به فراورده‌ها کاهش می‌یابد.

۱۲- (ریاضی ۱۴۰۱- خارج) کدام موارد زیر درست‌اند؟

الف - در واکنش‌های گرماگیر، فراورده‌ها از واکنش دهنده‌ها پایدارترند.

ب - انرژی فعال‌سازی سوختن فسفر سفید، در مقایسه با گاز هیدروژن، کم تر است.

پ - سرعت انجام واکنش‌های گرماده، بیش تر از سرعت انجام واکنش‌های گرماگیر است.

ت - مبدل‌های کاتالیستی خودروهای بنزینی، تک مرحله‌ای، اما مبدل‌های خودروهای دیزلی دو مرحله‌ای‌اند.

(۴) ب، ت

(۳) ب، پ

(۲) الف، ت

(۱) الف، پ

۱۳- (تجربی ۱۴۰۱- خارج) چند مورد از مطالب زیر درست‌اند؟

- مقدار گاز CO خروجی از آگزوز خودروها، چند برابر مقدار گاز NO همراه آن است.
- تبدیل NO به N_2 در مبدل کاتالیستی، واکنشی گرماده و E_a آن، از E_a تبدیل CO به CO_2 بیش‌تر است.
- در مبدل کاتالیستی، فلزهایی مانند رادیم، مولیبدن و پلاتین به‌صورت لایه‌ای به قطر ۱۰ تا ۲۰ میکرون به‌کار می‌رود.
- با استفاده از مبدل‌های کاتالیستی تک‌مرحله‌ای، می‌توان از ورود آلاینده‌های کربن‌دار و نیتروژن‌دار خودروها به هواکره جلوگیری کرد.

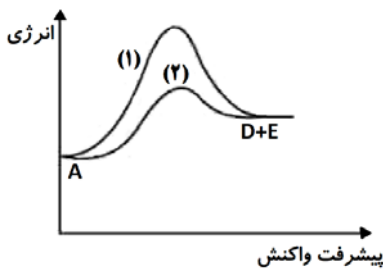
(۱) یک (۲) دو (۳) سه (۴) چهار

۱۴- (ریاضی ۱۴۰۲/۱) کاربرد کاتالیزگر در واکنش‌های شیمیایی، موجب چند مورد از تغییرهای زیر می‌شود؟

- افزایش سرعت واکنش
- کاهش مقدار ΔH واکنش
- افزایش انرژی فعال‌سازی
- افزایش محتوای انرژی فراورده‌ها
- افزایش مقدار فراورده‌ها

(۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

۱۵- (تجربی ۱۴۰۲/۱) با توجه به نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش فرضی $A \rightarrow D + E$ ، کدام مطلب درباره‌ی آن نادرست است؟

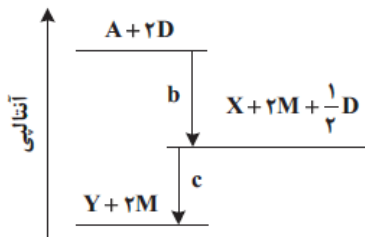


- (۱) واکنش گرماگیر و ΔH آن مثبت است.
- (۲) سرعت واکنش در مسیر (۱) کم‌تر است.
- (۳) مسیر (۲) در دمای بالاتری انجام می‌گیرد و گرمای بیش‌تری آزاد می‌شود.
- (۴) مسیر (۲) به کاربرد کاتالیزگر مربوط است و انرژی فعال‌سازی کم‌تری نیاز دارد.

۱۶- (ریاضی ۱۴۰۲/۲) کدام مورد نادرست است؟

- (۱) آزمایش‌ها نشان می‌دهد که شماری از گروه‌های عاملی، پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده‌ی طول موج $10^{-5} - 10^{-3} \text{ nm}$ را جذب می‌کنند.
- (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 برهم‌کنش ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی است.

۱۷- (تجربی ۱۴۰۲/۲ - خارج) درباره‌ی نمودار داده شده، که سطح انرژی مواد را در یک واکنش گرماشیمیایی گازی انجام‌شده در یک سامانه نشان می‌دهد، کدام مورد درست است؟



- (۱) واکنش کلی، یک واکنش گرماده و سرعت انجام واکنش اول آن، به یقین، بیش‌تر از واکنش دوم است.
- (۲) انرژی فعال‌سازی واکنش تولید M، به یقین، بیش‌تر از انرژی فعال‌سازی واکنش تولید Y است.
- (۳) با انجام واکنش $Y + 2M \rightarrow A + 2D$ دمای سامانه افزایش می‌یابد.
- (۴) آنتالپی واکنش $X + \frac{1}{2} D \rightarrow Y$ می‌تواند -40 KJ باشد.

۱۸- (تجربی ۱/۱۴۰۳) مقدار کدام آلاینده‌ی گازی توسط مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی کاهش می‌یابد؟

- (۱) NO (۲) NO_۲ (۳) CO_۲ (۴) O_۲

۱۹- (ریاضی ۲/۱۴۰۳) با توجه به جدول داده‌شده، با طی یک کیلومتر مسافت، کاهش درصدجرمی CO به‌واسطه‌ی استفاده از کاتالیزگر، به‌تقریب کدام است و کدام آلاینده‌ی تولیدشده توسط وسایل نقلیه، بیش‌ترین کاهش مقدار مول را با به‌کارگیری کاتالیزگر دارد؟
(H=۱, C=۱۲, N=۱۴, O=۱۶ g.mol⁻¹)

NO	C _۸ H _{۱۸}	CO	فرمول شیمیایی آلاینده	
۱/۰۴	۱/۶۷	۵/۹۹	بدون کاتالیزگر	مقدار گرم آلاینده به ازای
۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۶۱	با کاتالیزگر	طی یک کیلومتر مسافت

C_۸H_{۱۸} ، ۸۹/۸ (۱)

CO ، ۸۹/۸ (۲)

CO ، ۹۶/۱ (۳)

C_۸H_{۱۸} ، ۹۶/۱ (۴)

۲۰- (ریاضی ۱/۱۴۰۴) با توجه به نمودار «آنتالپی - پیشرفت واکنش»، کدام مورد، عبارت زیر را از نظر علمی به‌درستی کامل می‌کند؟

«هر چه فاصله‌ی قله تا باشد، می‌شود.»

(۱) واکنش‌دهنده‌ها کم‌تر - مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها کم‌تر از مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها

(۲) فراورده‌ها کم‌تر - تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها با سطح انرژی فراورده‌ها کم‌تر

(۳) واکنش‌دهنده‌ها بیش‌تر - مقدار انرژی فعال‌سازی بیش‌تر

(۴) فراورده‌ها بیش‌تر - گرمای بیش‌تری آزاد

۲- تعادل‌های شیمیایی:

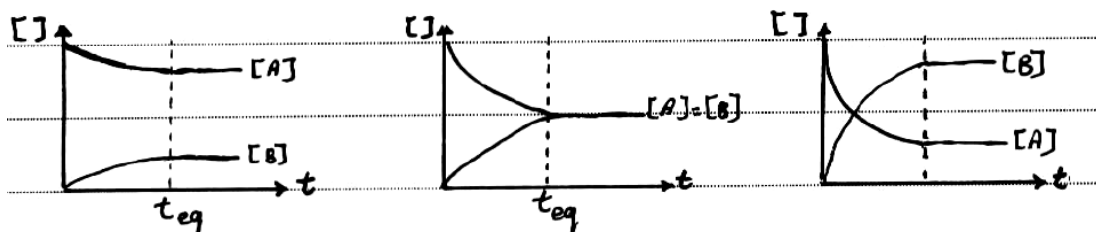
۲-۱- سامانه‌ی تعادلی:

به سامانه‌ای گفته می‌شود که در آن یک واکنش برگشت‌پذیر، در شرایط معین، به طور هم‌زمان و با سرعت برابر در هر دو جهت رفت و برگشت انجام می‌شود. در این حالت گفته می‌شود تعادل در سامانه برقرار شده است. ✓ اگر شرایط مناسب نباشد، واکنش برگشت‌پذیر می‌تواند تنها در یک جهت انجام شود! یا اگر هم در هر دو جهت انجام شود، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت برابر نباشد. از این‌رو، تعادل حالت یا لحظه‌ای ویژه از یک واکنش برگشت‌پذیر است.

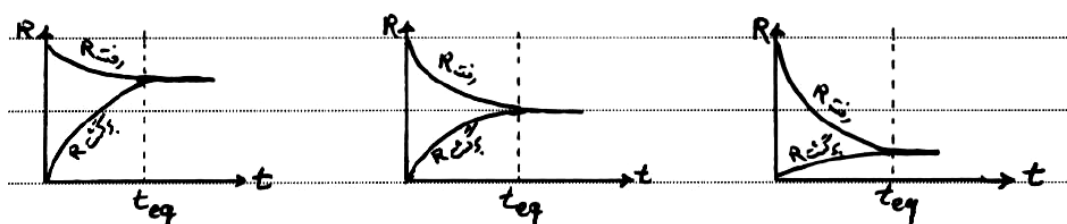
❖ نکته‌ی ۱: برخی از ویژگی‌های عمومی یک سامانه‌ی تعادلی:

← تعادل در یک سامانه‌ی بسته که دمای آن ثابت نگه داشته می‌شود، ایجاد و برقرار می‌ماند.
 → در یک سامانه‌ی تعادلی، واکنش‌های رفت و برگشت به طور پیوسته و با سرعت برابر انجام می‌شوند.
 → در یک سامانه‌ی تعادلی، سرعت تولید هر گونه با سرعت مصرف آن برابر است.
 → در یک سامانه‌ی تعادلی، مقدار واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند.
 → در یک سامانه‌ی تعادلی، خواص ظاهری سامانه (مانند دما، فشار، رنگ، غلظت و ...) با گذشت زمان ثابت می‌ماند.
 البته این ویژگی به معنای متوقف شدن واکنش نیست؛ زیرا هم‌چنان واکنش‌های رفت و برگشت به طور پیوسته و هم‌زمان با سرعت برابر انجام می‌شوند.

❖ نکته‌ی ۲: نمودارهای «غلظت - زمان» و «سرعت - زمان» برای سامانه‌ی تعادلی گازی یا محلول $A \rightleftharpoons B$ می‌تواند به حالت‌های زیر باشد:



✓ شیب نمودار «غلظت - زمان» برای مواد شرکت‌کننده در تعادل، در یک زمان (یعنی زمان تعادل) به صفر می‌رسد.



✓ سرعت واکنش‌های رفت و برگشت، آهنگ‌های متفاوتی می‌توانند داشته باشند، ولی هنگام تعادل، مقدار آن‌ها برابر می‌شود.

۲-۲- ثابت تعادل (K):

در یک سامانه، به حالت گاز یا محلول و در یک دمای معین، نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی فراورده‌ها به توان ضرایب استوکیومتری آن‌ها، به حاصل ضرب تعادلی واکنش‌دهنده‌ها به توان ضرایب استوکیومتری آن‌ها همواره مقداری ثابت است و ثابت تعادل نامیده می‌شود.

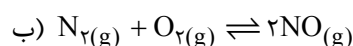
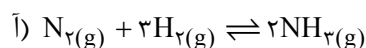
تعادل گازی یا محلول: $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

در این رابطه، همه‌ی غلظت‌ها از نوع غلظت‌های تعادلی‌اند) عبارت ثابت تعادل: $K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$

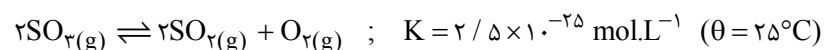
❖ نکته‌ی ۱: ثابت تعادل، بسته به ضرایب استوکیومتری، می‌تواند یک‌های متفاوتی داشته باشد. به طور کلی:

یکای ثابت تعادل: $(\frac{\text{mol}}{L})^{(c+d)-(a+b)}$

تمرین ۱: در هر مورد، عبارت ثابت تعادل و یکای آن را بنویسید.

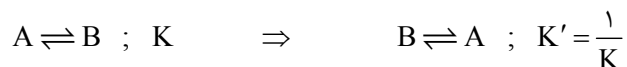


❖ نکته‌ی ۲: مقدار ثابت تعادل تنها به دمای سامانه بستگی دارد. بنابراین تا زمانی که دمای سامانه ثابت نگه داشته شود، تغییر غلظت، فشار و ... تأثیری در مقدار ثابت تعادل ندارد. از این رو بهتر است هنگام نوشتن مقدار ثابت تعادل، دمای آن نیز مشخص شود. برای نمونه:



❖ نکته‌ی ۳:

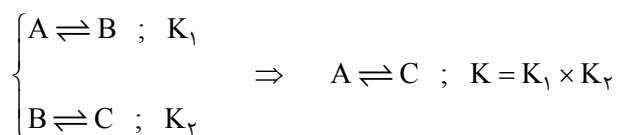
اگر یک واکنش تعادلی به صورت معکوس نوشته شود، ثابت تعادل آن نیز عکس می‌شود.



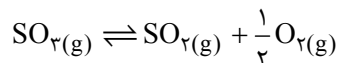
اگر ضرایب استوکیومتری یک واکنش تعادلی در عددی ضرب شوند، ثابت تعادلی به توان آن عدد می‌رسد.



اگر یک واکنش تعادلی جمع چند واکنش تعادلی دیگر باشد، ثابت تعادل آن برابر با حاصل ضرب ثابت تعادل آن واکنش‌ها است.

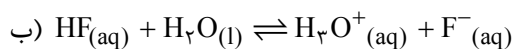
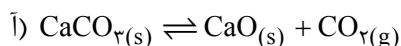


تمرین ۲: مقدار عددی ثابت تعادل گازی $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ در یک دمای معین $1.0 \times 10^3 \text{ mol}^{-1} \cdot L$ است. مقدار ثابت تعادل و یکای آن را، در همان دما، برای تعادل زیر به دست آورید:



❖ نکته‌ی ۴: برای سامانه‌های تعادلی که شامل مواد جامد (s) یا مایع (l) هستند، هنگام نوشتن عبارت ثابت تعادل از نوشتن غلظت آن‌ها صرف نظر می‌شود.

تمرین ۳: در هر مورد، عبارت ثابت تعادل و یکای آن را بنویسید.

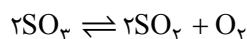


۲-۳- محاسبه‌های مربوط ثابت تعادل:

۲-۳-۱- مسائلی که در آن‌ها مقادیر تعادلی معلوم‌اند:

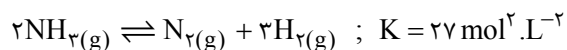
در این حالت کافی است با نوشتن عبارت ثابت تعادل و جای‌گذاری مقادیر معلوم، مقدار مجهول را به دست آوریم.

تمرین ۱: مقداری گاز SO_3 در ظرف سربسته‌ی ۲ لیتری گرم می‌شود تا تعادل گازی زیر برقرار شود. اگر مقادیر تعادلی O_2 و SO_3 به ترتیب ۰/۱ و ۱ مول باشد، ثابت تعادل (در دمای آزمایش) و مقدار اولیه‌ی گاز SO_3 را به دست آورید.



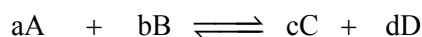
تمرین ۲: تعادل گازی زیر در نتیجه‌ی گرما دادن مقداری آمونیاک در ظرف سربسته‌ی ۱ لیتری برقرار شده است.

اگر مقدار تعادلی گاز نیتروژن ۲/۸ گرم باشد، غلظت تعادلی آمونیاک چند مول برلیتر است؟ ($N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$)



۲-۳-۲- مسائلی که در آن‌ها مقادیر اولیه معلوم‌اند:

در این حالت جدولی به صورت زیر تشکیل داده، غلظت‌های تعادلی به دست آمده از آن در عبارت ثابت تعادل قرار می‌گیرد.



غلظت اولیه: $[]_1$ m n . .

تغییر غلظت $\Delta []$ - ax - bx + cx + dx

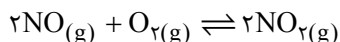
غلظت تعادلی: $[]_{eq}$ m - ax n - bx cx dx

✓ غلظت اولیه‌ی فراورده‌ها صفر است، مگر آن که ذکر شده باشد مقداری فراورده نیز در آغاز وارد واکنش شده است.

✓ تغییرات غلظت برای واکنش‌دهنده‌ها منفی و برای فراورده‌ها مثبت است و متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.

✓ غلظت تعادلی هر یک از مواد از جمع جبری دو سطر بالا به دست می‌آید. ($[]_{eq} = []_1 + \Delta []$)

تمرین ۱: ۰/۲۵ مول از گاز NO به همراه ۰/۵ مول از گاز O_۲ در یک ظرف سربسته‌ی ۰/۵ لیتری وارد شده، تا تعادل زیر در دمای معین برقرار شود. اگر مقدار تعادلی گاز NO_۲ برابر ۰/۲ مول باشد، ثابت تعادل در این شرایط چند است؟



تمرین ۲: ۰/۱ مول PCl_۵ در ظرف سربسته‌ی ۱۰ لیتری، تا برقراری تعادل زیر گرم می‌شود. اگر مقدار آن در حالت تعادل برابر با ۰/۰۳ مول باشد، ثابت تعادل واکنش زیر در این دما چند mol.L⁻¹ است؟



تمرین ۳: ۰/۳ مول کربن مونوکسید را با ۰/۳ مول گاز کلر در ظرفی به حجم V لیتر به دمای معین رسانده، تا تعادل گازی زیر برقرار شود. اگر در هنگام تعادل، ۰/۲ مول COCl_۲ در ظرف وجود داشته باشد، مقدار V را به دست آورید.



تمرین ۴: در یک ظرف ۲ لیتری دربسته، ۳۶ گرم بخار آب و ۲ مول گاز کربن مونوکسید وارد می‌شوند تا تعادل گازی زیر برقرار گردد. غلظت تعادلی بخار آب به چند مولار می‌رسد؟ (H=۱, O=۱۶ g.mol⁻¹)



۲-۳-۳- مسائل مربوط به وضعیت سامانه:

در این مسائل، تعادلی بودن/ نبودن سامانه مورد سوال است. برای پاسخ به آن کافی است غلظت‌های داده شده را در عبارت ثابت تعادل قرار دهیم. برابر بودن حاصل عبارت با مقدار ثابت تعادل به این معناست که سامانه در حال تعادل است و غلظت‌های داده شده از نوع تعادلی هستند.

تمرین: آیا مخلوط گازی شامل ۶/۹ گرم از گاز N_۲O_۴ و ۲/۳ گرم از گاز NO_۲ در ظرف دربسته‌ای به حجم ۰/۵ لیتر در حال تعادل است؟ (ثابت تعادل در این شرایط برابر ۱۲/۵ mol⁻¹ .L است. و (N=۱۴, O=۱۶ g.mol⁻¹)

۲-۴- عوامل موثر بر تعادل:

تغییر غلظت، فشار و دمای سامانه، سه عاملی هستند که می‌توانند با تغییر ناهمگون سرعت واکنش‌های رفت و برگشت، سبب جابه‌جایی تعادل در جهت رفت یا برگشت شوند. استفاده از کاتالیزگر سبب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود؛ زیرا سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را به یک میزان افزایش می‌دهد و به این ترتیب، زمان رسیدن به تعادل را کاهش می‌دهد. ✓ اصل لوشاتلیه: اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانه‌ی تعادلی شود، سامانه جهت رسیدن به تعادل جدید در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند.

۲-۴-۱- اثر تغییر غلظت بر تعادل:

الگوی کلی تأثیر تغییر غلظت یکی از مواد بر جابه‌جایی تعادل به صورت زیر است:
«در تعادل اولیه و در دما و حجم ثابت:

افزایش (کاهش) شمار مول‌های یک ماده به حالت گاز یا محلول \Leftarrow افزایش (کاهش) غلظت ماده \Leftarrow طبق اصل لوشاتلیه، جابه‌جایی تعادل در جهت مصرف (تولید) ماده \Leftarrow برقراری تعادل جدید»

برای نمونه:

در تعادل فرضی به حالت گاز یا محلول $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

با خارج کردن مقداری A از سامانه (در دما و حجم ثابت):

$\downarrow \text{mol A} \Leftarrow$ طبق اصل لوشاتلیه، جابه‌جایی تعادل در جهت تولید A \Leftarrow جابه‌جایی در جهت برگشت \Leftarrow برقراری

تعادل جدید: $\uparrow \text{mol B}$ ، $\downarrow \text{mol D}$ ، $\downarrow \text{mol C}$

$\uparrow [B]$ ، $\downarrow [D]$ ، $\downarrow [C]$

غلظت اولیه $[A] < [A]$ غلظت تغییر یافته

سرعت در تعادل جدید $>$ سرعت در تعادل اولیه

مقدار K: بدون تغییر

وارد کردن مقداری B به سامانه (در دما و حجم ثابت):

$\uparrow \text{mol B} \Leftarrow$ طبق اصل لوشاتلیه، جابه‌جایی تعادل در جهت مصرف B \Leftarrow جابه‌جایی در جهت رفت \Leftarrow برقراری

تعادل جدید: $\uparrow \text{mol D}$ ، $\uparrow \text{mol C}$ ، $\downarrow \text{mol A}$

$\uparrow [D]$ ، $\uparrow [C]$ ، $\downarrow [A]$

غلظت تغییر یافته $[B] < [B]$ غلظت اولیه

سرعت در تعادل جدید $<$ سرعت در تعادل اولیه

مقدار K: بدون تغییر

تمرین: تعادل گازی $2A \rightleftharpoons B + C$ ، در دمای معین، با وارد کردن مقداری A در یک ظرف دربسته‌ی ۲ لیتری برقرار شده است. اگر شمار مول‌های در حال تعادل A و B به ترتیب ۲ و ۱ مول باشد:

(آ) ثابت تعادل در این دما چند است؟

(ب) چند مول A در آغاز وارد سامانه شده است؟

(پ) اگر ۱ مول C در همان دما به سامانه افزوده شود، تعادل در کدام جهت جابه‌جا می‌شود؟

(ت) شمار مول‌های مواد شرکت‌کننده در این تعادل را پس از برقراری تعادل جدید به دست آورید.

(ث) نمودار «غلظت- زمان» را برای مواد شرکت‌کننده در تعادل، از آغاز تا برقراری تعادل جدید رسم کنید.

۲-۴-۲- اثر تغییر فشار بر تعادل:

الگوی کلی تأثیر تغییر فشار بر جابه‌جایی تعادل به صورت زیر است:

«در تعادل اولیه و در دمای ثابت:

کاهش (افزایش) حجم سامانه \Leftarrow افزایش (کاهش) فشار \Leftarrow طبق اصل لوشاتلیه، جابه‌جایی تعادل در جهت کاهش (افزایش)

فشار سامانه \Leftarrow جابه‌جایی در جهت کاهش (افزایش) شمار برخورد مولکول‌ها به دیواره‌ی ظرف \Leftarrow جابه‌جایی در جهت

مول‌های گازی کم‌تر (بیش‌تر) \Leftarrow برقراری تعادل جدید»

برای نمونه:

در تعادل فرضی $A(g) + B(aq) \rightleftharpoons 2C(g)$ ، با کاهش حجم سامانه، در دمای ثابت:

$\downarrow V \Leftarrow \uparrow P \Leftarrow$ طبق اصل لوشاتلیه، جابه‌جایی تعادل در جهت کاهش فشار \Leftarrow جابه‌جایی در جهت مول‌های گازی کم‌تر

\Leftarrow جابه‌جایی در جهت برگشت \Leftarrow برقراری تعادل جدید: $\uparrow \text{mol A}, \uparrow \text{mol B}, \downarrow \text{mol C}$

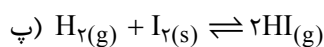
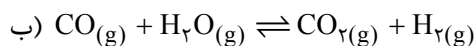
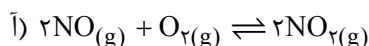
$\uparrow [A], \uparrow [B], \uparrow [C]$

سرعت در تعادل جدید < سرعت در تعادل اولیه

مقدار K : بدون تغییر

❖ نکته: در یک تعادل، اگر شمار مول‌های گازی در دو سوی معادله‌ی واکنش برابر باشد، افزایش (کاهش) فشار تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد. ولی غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها را به یک نسبت افزایش (کاهش) می‌دهد و به این ترتیب، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را نیز به یک اندازه افزایش (کاهش) می‌دهد.

تمرین: تأثیر افزایش حجم (در دمای ثابت) را بر روی هر یک از تعادل‌های زیر بررسی کنید:



۲-۴-۳- اثر تغییر دما بر تعادل:

الگوی کلی تأثیر تغییر دما بر جابه‌جایی تعادل به صورت زیر است:

«در تعادل اولیه:

افزایش (کاهش) دمای سامانه \Leftarrow طبق اصل لوشاتلیه، جابه‌جایی تعادل در جهت مصرف (تولید) گرما \Leftarrow سرعت انجام

واکنش گرماگیر بیش‌تر (کم‌تر) از سرعت واکنش گرماده \Leftarrow برقراری تعادل جدید»

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

برای نمونه:

در تعادل گرماده فرضی، به حالت گاز یا محلول $aA \rightleftharpoons bB + Q$

دمای سامانه $\uparrow \Leftarrow$ طبق اصل لوشاتلیه، جابه‌جایی تعادل در جهت مصرف گرما \Leftarrow جابه‌جایی در جهت برگشت \Leftarrow

برقراری تعادل جدید: $\uparrow [A], \downarrow [B]$

سرعت در تعادل جدید < سرعت در تعادل اولیه

مقدار $K \downarrow$ (میزان پیشرفت واکنش \downarrow)

در تعادل گرماگیر فرضی، به حالت گاز یا محلول $aA + Q \rightleftharpoons bB$

دمای سامانه $\uparrow \Leftarrow$ طبق اصل لوشاتلیه، جابه‌جایی تعادل در جهت مصرف گرما \Leftarrow جابه‌جایی در جهت رفت \Leftarrow

برقراری تعادل جدید: $\downarrow [A], \uparrow [B]$

سرعت در تعادل جدید < سرعت در تعادل اولیه

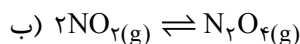
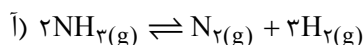
مقدار $K \uparrow$ (میزان پیشرفت واکنش \uparrow)

❖ نکته ۱: هنگامی که در یک سامانه‌ی تعادلی دما افزایش (کاهش) می‌یابد، هم سرعت واکنش رفت و هم سرعت واکنش

برگشت افزایش (کاهش) می‌یابد. با این تفاوت که سرعت واکنش گرماگیر بیش‌تر (کم‌تر) از واکنش گرماده افزایش می‌یابد.

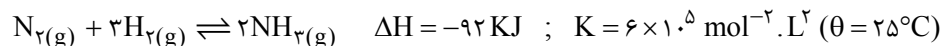
❖ نکته ۲: در معادله‌ی یک واکنش تعادلی، نماد گرما (Q) در سمتی از معادله قرار می‌گیرد که مول‌های گازی کم‌تری دارد.

✍ تمرین: در هر مورد مشخص کنید کاهش دما چه تاثیری بر مقدار واکنش‌دهنده دارد؟



۲-۴-۴- شرایط بهینه در فرایند هابر:

واکنش میان گازهای N_2 و H_2 به دلیل انرژی فعال‌سازی بالایی که نیاز دارد، در دمای اتاق، حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه پیش نمی‌رود.



✓ هابر با توجه به واقعیت‌های زیر توانست شرایط بهینه برای تولید آمونیاک را بیابد. با این حال، در این شرایط نیز تنها ۲۸٪ مولی مخلوط را آمونیاک تشکیل می‌دهد.

افزایش دما، هم به تأمین انرژی فعال‌سازی کمک می‌کند و هم سرعت واکنش را افزایش می‌دهد، اما در همان حال میزان پیشرفت واکنش را کاهش می‌دهد. زیرا این واکنش گرما‌ده است و با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

به طور خلاصه، در دماهای بالا واکنش با سرعت چشمگیر، اما با پیشرفت کم به تعادل می‌رسد.

برای این که به دماهای خیلی بالا برای تأمین انرژی فعال‌سازی و هم‌چنین افزایش سرعت واکنش نیاز نباشد، از کاتالیزگر می‌توان استفاده کرد.

کاتالیزگر سبب می‌شود واکنش در دماهای به نسبت پایین‌تر، اما با سرعت مناسب انجام شود.

افزایش فشار سبب می‌شود واکنش در جهت مول‌های گازی کم‌تر، یعنی تولید آمونیاک به پیش رود. به این ترتیب، افزایش فشار موجب می‌شود درصد مولی آمونیاک در مخلوط افزایش یابد.

✓ در پایان، با سرد کردن مخلوط واکنش تا دمای $-40^\circ C$ ، آمونیاک به صورت مایع از گازهای واکنش نداده‌ی N_2 و H_2 جدا و جمع‌آوری می‌شود. (نقطه‌ی جوش نیتروژن: $-196^\circ C$ ، هیدروژن: $-253^\circ C$ و آمونیاک: $-33^\circ C$)

❖ نکته: گیاهان نمی‌توانند نیتروژن را به طور مستقیم از هوا جذب کنند. از این‌رو باید ترکیب‌های نیتروژن‌دار (مانند آمونیاک یا اوره) را به خاک افزود.

۱- (ریاضی ۹۸/قدیم) ۱۰ مول گاز هیدروژن سولفید را با ۱۰ مول گاز اکسیژن در یک ظرف یک لیتری وارد کرده و گرم می‌کنیم تا با هم واکنش داده، بخار آب و گاز SO_2 تشکیل شوند. اگر پس از برقراری تعادل، ۵ مول بخار آب در مخلوط وجود داشته باشد، ثابت تعادل بر حسب $L.mol^{-1}$ کدام است؟

- (۱) ۰/۰۶
(۲) ۴
(۳) ۱/۶
(۴) ۱۶

۲- (ریاضی ۹۸-خارج) در یک ظرف پنج لیتری در بسته، مقداری از گازهای هیدروژن و کربن دی‌سولفید وارد شده است. اگر در لحظه‌ی 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 بر حسب $L^2.mol^{-2}$ کدام است؟ (معادله موازنه شود.)
 $CS_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2S(g)$

- (۱) $6/25 \times 10^5$
(۲) $6/25 \times 10^6$
(۳) 125×10^5
(۴) $1/25 \times 10^6$

۳- (تجربی ۹۸) هرگاه در یک واکنش به حالت تعادل در دمای ثابت، غلظت یکی ازها یابد، واکنش در جهت تا آن‌جا پیش می‌رود که به ثابت تعادل برسد.

- (۱) فراورده، کاهش، رفت، آغازی
(۲) فراورده، کاهش، برگشت، آغازی
(۳) واکنش‌دهنده، کاهش، رفت، جدید
(۴) واکنش‌دهنده، افزایش، برگشت، آغازی

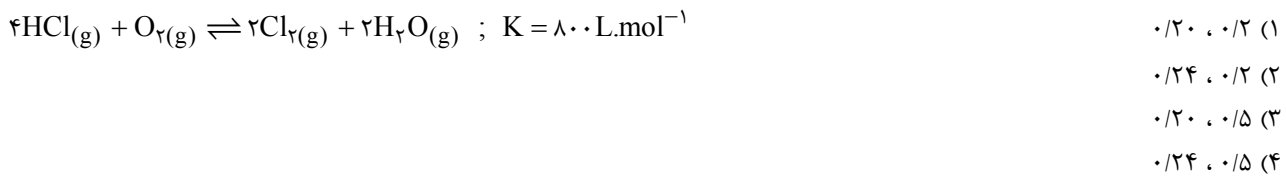
۴- (تجربی ۹۸-خارج) در یک آزمایش، ۲/۱ مول $F_2(g)$ و ۱/۱ مول $H_2O(g)$ در یک ظرف دو لیتری با هم واکنش می‌دهند. اگر در لحظه‌ی تعادل، ۲ مول گاز فلوئور، یک مول آب، ۰/۲ مول HF و ۰/۵ مول گاز اکسیژن در ظرف واکنش وجود داشته باشد، مقدار K (بر حسب $mol.L^{-1}$) کدام است؟ (معادله موازنه شود.)
 $F_2(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons O_2(g) + HF(g)$

- (۱) 10^{-5}
(۲) 10^{-4}
(۳) 2×10^{-3}
(۴) 5×10^{-3}

۵- (تجربی ۹۸-خارج/قدیم) مقداری گاز AD را در ظرف دو لیتری در بسته گرما می‌دهیم. هنگام برقراری تعادل زیر، ۰/۴ مول گاز AD در ظرف باقی می‌ماند. غلظت تعادلی گاز A_2 برابر مول بر لیتر و مقدار اولیه‌ی گاز AD مول است.

- $2AD(g) \rightleftharpoons A_2(g) + D_2(g)$, $K = 22500$
(۱) ۶/۲ ، ۲
(۲) ۱۲/۰۴ ، ۲
(۳) ۶/۲ ، ۳
(۴) ۱۲/۰۴ ، ۳

۶- (ریاضی ۹۹- خارج/قدیم) در یک ظرف دربسته ۲ لیتری در دمای معین، مقداری از گازهای HCl و O_۲ را وارد می‌کنیم تا با هم واکنش دهند. اگر در لحظه‌ی تعادل، مقدار گاز کلر برابر ۰/۴ مول و مقدار گاز اکسیژن برابر ۰/۰۴ مول باشد، مقدار گاز HCl در حالت تعادل و مقدار اولیه‌ی گاز اکسیژن، به ترتیب از راست به چپ، برابر چند مول است؟



۷- (ریاضی ۹۹- خارج/قدیم) در یک ظرف ۳ لیتری دربسته مقدار ۶ مول گاز PCl_۵(g) را تا برقراری تعادل $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ گرم می‌کنیم. اگر در حالت تعادل، در مجموع ۱۰/۸ مول گاز درون ظرف وجود داشته باشد، ثابت تعادل با یکای mol.L⁻¹ کدام است و چند درصد مولی گازهای درون ظرف را PCl_۵ تشکیل می‌دهد؟

- (۱) ۱۲/۱۲ ، ۴/۶
(۲) ۱۱/۱۱ ، ۴/۶
(۳) ۱۲/۱۲ ، ۶/۴
(۴) ۱۱/۱۱ ، ۶/۴

۸- (تجربی ۹۹/قدیم) بر پایه‌ی واکنش $4\text{A}(\text{g}) + \text{D}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{X}(\text{g}) + 2\text{Y}(\text{g}) ; K = 1600 \text{ L.mol}^{-1}$ در یک ظرف ۵ لیتری دربسته، ۳/۵ مول گاز A را با مقدار کافی گاز D وارد و گرم می‌کنیم تا با هم واکنش دهند. اگر در حالت تعادل، ۱/۵ مول گاز X در ظرف واکنش وجود داشته باشد، مقدار اولیه‌ی گاز D چند مول بوده است؟

- (۱) ۱/۷۵
(۲) ۱/۰۰
(۳) ۰/۳۵
(۴) ۰/۲۰

۹- (ریاضی ۱۴۰۰- خارج) کدام مطلب درباره‌ی تعادل‌های شیمیایی درست است؟

- (۱) اگر با افزایش دما ثابت تعادل واکنش بزرگ‌تر شود، آن واکنش گرماگیر است.
(۲) در دمای ثابت، تغییر شرایط (غلظت، فشار و حجم) بر میزان پیشرفت واکنش تعادلی بی‌تأثیر است.
(۳) افزایش غلظت واکنش‌دهنده‌ها و کاهش غلظت فراورده‌ها در دمای ثابت، ثابت تعادل را افزایش می‌دهد.
(۴) بر پایه‌ی اصل لوشاتلیه، وارد کردن گاز بی‌اثر به مخلوط واکنش، تعادل را جابه‌جا کرده، ثابت تعادل را تغییر می‌دهد.

۱۰- (تجربی ۱۴۰۰) ۱۸/۴ گرم گاز NO_۲ را با ۲۱/۳ گرم گاز کلر در یک ظرف ۴ لیتری دربسته گرم می‌کنیم تا واکنش تعادلی: $2\text{NO}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2\text{Cl}(\text{g})$ انجام شود، اگر در حالت تعادل ۵۰ درصد گاز NO_۲ مصرف شده باشد، ثابت تعادل و نسبت مولی گاز NO_۲ به گاز Cl_۲ در مخلوط تعادلی کدام است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)



۱۱- (تجربی ۱۴۰۰- خارج) مول‌های برابر از CO(g) و $\text{H}_2\text{O(g)}$ را در یک ظرف دربسته ۴ لیتری تا برقرار شدن تعادل: $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ گرم می‌کنیم. اگر بازده واکنش برابر ۸۰٪ باشد، ثابت تعادل کدام است و اگر غلظت تعادلی $\text{CO}_2\text{(g)}$ برابر ۰/۴ مول بر لیتر باشد، مقدار آغازی گاز CO در مخلوط برابر چند مول بوده است؟ (دما در دو شرایط گفته شده ثابت است.)

(۱) ۰/۵ ، ۴

(۲) ۲/۰ ، ۴

(۳) ۰/۵ ، ۱۶

(۴) ۲/۰ ، ۱۶

۱۲- (ریاضی ۱۴۰۱- خارج) ۱ مول گاز A و ۰/۴۱ مول گاز D را در یک ظرف دربسته با حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر تا برقرار شدن تعادل $\text{A(g)} + \text{D(g)} \rightleftharpoons \text{E(g)}$ گرم می‌کنیم. اگر در حالت تعادل، ۰/۲ مول گاز A در ظرف واکنش باقی مانده باشد، ثابت تعادل این واکنش در شرایط آزمایش کدام است؟

(۱) ۹۸۰

(۲) ۸۹۰

(۳) ۸۰۰

(۴) ۷۰۰

۱۳- (تجربی ۱۴۰۱) با توجه به واکنش: $\text{A(g)} + \text{D(g)} \rightleftharpoons \text{X(g)}$; $\Delta H < 0$ ، چند مطلب زیر درباره‌ی آن درست است؟

• با کاهش دما، در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

• با افزایش دما، ثابت تعادل آن کوچک‌تر می‌شود.

• افزایش فشار، سبب بزرگ‌تر شدن ثابت تعادل می‌شود.

• کاهش فشار، سبب جابه‌جا شدن آن در جهت برگشت می‌شود.

(۴) چهار

(۳) سه

(۲) دو

(۱) یک

۱۴- (تجربی ۱۴۰۱- خارج) با توجه به واکنش تعادلی $\text{X}_2\text{(g)} + \text{Y}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{Z(g)}$; $K = 50$ ، که در یک ظرف دو لیتری دربسته در دمای معین برقرار است، اگر در حالت تعادل، ۲/۲ مول Z(g) و ۰/۴ مول $\text{Y}_2\text{(g)}$ در ظرف واکنش وجود داشته باشد، مقدار $\text{X}_2\text{(g)}$ ، برابر چند مول است؟

(۱) ۰/۱۲۱

(۲) ۰/۱۲۵

(۳) ۰/۲۴۲

(۴) ۰/۲۵۰

۱۵- (ریاضی ۱۴۰۲/۱) مقدار ۱/۵ مول گاز A با ۰/۶ مول گاز $\text{X}_2\text{(g)}$ و ۰/۵ مول گاز $\text{D}_2\text{(g)}$ در یک دمای معین در یک ظرف دربسته ۳ لیتری به حالت تعادل $\text{X}_2\text{(g)} + \text{D}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{A(g)}$ وجود دارد. مقدار ثابت تعادل کدام است و مقدار گاز D_2 در آغاز واکنش، برابر چند مول بوده است؟

(۲) ۲/۷۵ ، ۳۰

(۱) ۲ ، ۲۷۰

(۴) ۲ ، ۳۰

(۳) ۲/۷۵ ، ۲۷۰

۲۰- (ریاضی ۱۴۰۲/۲ - خارج) در یک ظرف ۵۰۰ میلی لیتری در بسته، مخلوطی از ۰/۵۵ مول گاز متان و ۰/۲ مول گاز هیدروژن سولفید را تا برقرار شدن تعادل $CH_4(g) + 2H_2S(g) \rightleftharpoons CS_2(g) + 4H_2(g)$ گرما می دهیم. اگر در حالت تعادل ۸ گرم گاز متان در مخلوط گازها وجود داشته باشد، ثابت تعادل در شرایط آزمایش کدام است؟ ($H = 1, C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$)

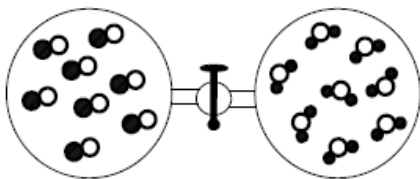
(۱) $6/4 \times 10^{-2}$

(۲) 4×10^{-3}

(۳) $15/625$

(۴) ۲۵۰

۲۱- (تجربی ۱۴۰۲/۲) اگر دو ظرف در بسته‌ی متصل به یکدیگر، مطابق شکل زیر، هر یک با حجم یک لیتر، یکی دارای گاز CO و دیگری بخار H_2O آماده شده، سپس شیر میان آنها باز شود تا با هم مخلوط شوند و در شرایط مناسب، واکنش تعادلی $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$ ، $K = 9$ ، مقدار گاز H_2 در مخلوط تعادلی برابر چند مول است؟ (هر ذره هم‌ارز ۰/۰۲۵ مول در نظر گرفته شود.)



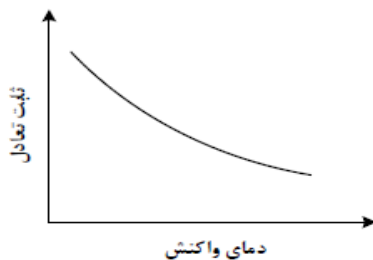
(۱) ۰/۰۲۵

(۲) ۰/۰۵۰

(۳) ۰/۰۷۵

(۴) ۰/۱۵۰

۲۲- (تجربی ۱۴۰۲/۲) شکل داده شده، روند تغییر مقدار ثابت تعادل یک واکنش گازی را با تغییر دمای واکنش نشان می دهد. کدام مورد درست است؟



(۱) می تواند به واکنش $N_2H_4 + H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ مربوط باشد.

(۲) می تواند به واکنش $2SO_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + O_2$ مربوط باشد.

(۳) افزایش دمای واکنش، غلظت فراورده‌ها را در مخلوط تعادلی افزایش می دهد.

(۴) کاهش دمای واکنش، غلظت اجزا را در مخرج کسر محاسبه‌ی مقدار ثابت تعادل افزایش می دهد.

۲۳- (تجربی ۱۴۰۲/۲ - خارج) کدام مورد درباره‌ی واکنش‌های گازی تعادلی درست است؟

(۱) در واکنش $CH_4 + H_2O \rightleftharpoons CO + 3H_2$ ، کاهش حجم ظرف واکنش، ثابت تعادل را کاهش می دهد.

(۲) در واکنش $2NO \rightleftharpoons N_2 + O_2$ ، افزایش دما، غلظت گاز N_2 را در مخلوط تعادلی واکنش افزایش می دهد.

(۳) در واکنش $2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$ ، اگر ثابت تعادل در دمای $x^\circ C$ برابر 4×10^{-3} باشد، در دمای $x + 20^\circ C$ می تواند برابر $1/7 \times 10^{-2}$ باشد.

(۴) در واکنش $N_2 + 2H_2 \rightleftharpoons N_2H_4$ اگر ثابت تعادل در دمای $y^\circ C$ برابر 7×10^{-26} باشد، در دمای $y + 10^\circ C$ می تواند برابر 8×10^{-25} باشد.

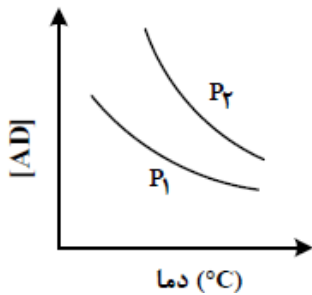
۲۴- (تجربی ۱۴۰۲/۲ - خارج) اگر ۴۰/۸ گرم گاز PH_3 را با ۱/۲۸ مول گاز BCl_3 در یک ظرف ۴ لیتری در بسته تا برقرار شدن تعادل:
 $\text{PH}_3(\text{g}) + \text{BCl}_3(\text{g}) \rightarrow \text{H}_3\text{PBCl}_3(\text{g})$
 تعادل این واکنش به تقریب کدام است؟ ($H = 1, P = 31 \text{ g.mol}^{-1}$)

- (۱) ۲/۱۲
- (۲) ۱/۲۲
- (۳) ۳/۰
- (۴) ۰/۳

۲۵- (ریاضی ۱۴۰۳/۱) واکنش گازی $4X + Y \rightleftharpoons 2M + 2Z$; $K = 25$ با تزریق مول‌های برابر از واکنش‌دهنده‌ها به یک ظرف در بسته انجام می‌شود. اگر ۰/۰۲ مول گاز X با ۰/۰۸ مول گاز Y در تعادل باشد، حجم ظرف برابر چند میلی‌لیتر است؟

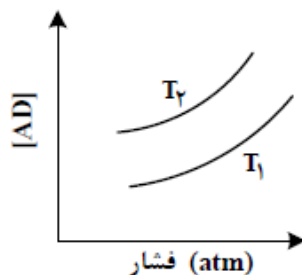
- (۱) ۲۵۰
- (۲) ۱۲۵
- (۳) ۱۲۵۰
- (۴) ۲۵۰۰

۲۶- (ریاضی ۱۴۰۳/۱) نمودار زیر تغییر غلظت مولی فراورده را برای واکنش $A(\text{g}) + D(\text{g}) \rightleftharpoons AD(\text{g})$ در دو شرایط متفاوت نشان می‌دهد. کدام مورد درست است؟ (P، فشار است.)



- (۱) $P_1 < P_2$ و با کاهش دما، مقدار K واکنش افزایش می‌یابد.
- (۲) $P_2 < P_1$ و با افزایش فشار، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود.
- (۳) $P_2 < P_1$ و با کاهش دما، مقدار A و D به یک نسبت تغییر می‌کند.
- (۴) $P_1 < P_2$ و با افزایش حجم ظرف، غلظت گاز A و مقدار گاز AD افزایش می‌یابد.

۲۷- (تجربی ۱۴۰۳/۱) نمودار زیر تغییر غلظت مولی فراورده را برای واکنش $A(\text{g}) + D(\text{g}) \rightleftharpoons AD(\text{g})$, $\Delta H < 0$ در دو شرایط متفاوت نشان می‌دهد. کدام مورد درست است؟ (T، دما است.)

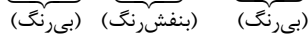


- (۱) $T_2 > T_1$ و در فشار ثابت، با افزایش مقدار A، مقدار AD بیش‌تر می‌شود.
- (۲) $T_2 > T_1$ و در فشار ثابت، مقدار AD در دمای T_2 کم‌تر از دمای T_1 است.
- (۳) $T_1 > T_2$ و نسبت مقدار K در دمای T_2 به مقدار K در دمای T_1 بزرگ‌تر از یک است.
- (۴) $T_1 > T_2$ و در دمای T_1 ، با افزایش مقدار مواد واکنش‌دهنده، مقدار K افزایش می‌یابد.

۲۸- (تجربی ۱۴۰۳/۱) ۰/۰۶ مول گاز NO_2Cl وارد ظرف ۲ لیتری در بسته می‌شود. اگر در شرایط مناسب انجام واکنش، کاهش جرم واکنش‌دهنده تا رسیدن به تعادل گازی $2\text{NO}_2\text{Cl} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 2\text{NO}_2$ برابر ۳/۲۶ گرم باشد، ثابت تعادل و شمار مول‌های گازی درون ظرف در حالت تعادل کدام است؟ ($N = 14, O = 16, Cl = 35.5 \text{ g.mol}^{-1}$)

- (۱) ۰/۰۴ ، ۰/۰۸
- (۲) ۰/۰۴ ، ۰/۰۴
- (۳) ۰/۰۸ ، ۰/۰۸
- (۴) ۰/۰۸ ، ۰/۰۴

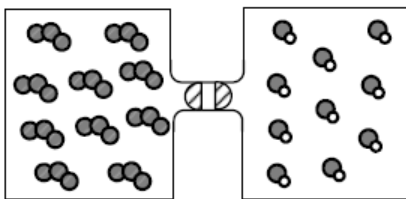
۲۹- (تجربی ۱۴۰۳/۲) با توجه به تعادل گازی $\Delta H > 0$; $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ که در ظرف ۱۰ لیتری برقرار است، کدام موارد زیر درست است؟



- الف: با افزایش دما، رنگ مخلوط گازی تیره‌تر می‌شود.
 ب: با انتقال تعادل به یک ظرف ۵ لیتری، غلظت گاز HI ثابت می‌ماند.
 پ: با تزریق مقداری گاز HI به ظرف واکنش، غلظت گازهای H_2 و I_2 به یک نسبت افزایش می‌یابد.
 ت: اگر ۰/۱ مول فراورده از ظرف واکنش خارج شود، میزان تغییر مولی هریک از واکنش‌دهنده‌ها کم‌تر از ۰/۱ خواهد بود.

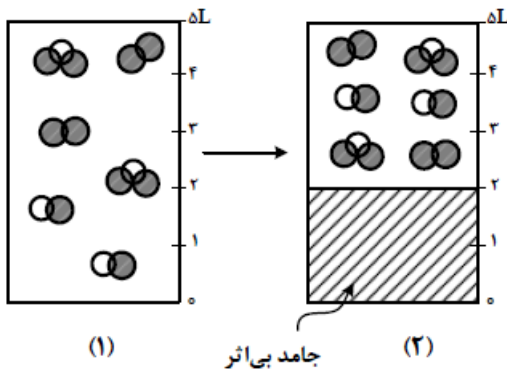
- (۱) «ب» و «ت» (۲) «پ» و «ت» (۳) «الف» و «پ» (۴) «الف» و «ب»

۳۰- (تجربی ۱۴۰۳/۲) اگر گازهای NO و در دو ظرف یک لیتری، مطابق شکل و با باز شدن شیر با یکدیگر مخلوط شوند و واکنش تعادلی $\text{O}_2(\text{g}) + \text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{O}_2(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g})$; $K = 9$ انجام گیرد، پس از برقراری تعادل، غلظت مولی گاز اکسیژن کدام است و در مجموع، چند مول گاز در ظرف وجود خواهد داشت؟ (هر ذره، معادل ۰/۱ مول ماده است.)



- (۱) ۲ ، ۰/۷۵
 (۲) ۲ ، ۰/۳۷۵
 (۳) ۱ ، ۰/۳۷۵
 (۴) ۱ ، ۰/۷۵

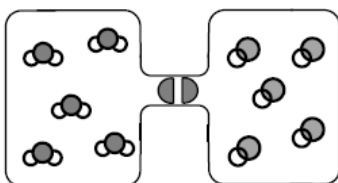
۳۱- (تجربی ۱۴۰۳/۲ - خارج) شکل (۱) تعادل گازی $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$; $\Delta H < 0$ را در دمای معین و یک ظرف دربسته ۵ لیتری و شکل (۲)، همان ظرف را پس از اضافه کردن جامد بی‌اثر به ظرف، در همان شرایط و قبل از رسیدن به تعادل جدید نشان می‌دهد. کدام موارد زیر درباره‌ی این تغییر درست است؟



- الف: پس از رسیدن به تعادل جدید، مقدار K افزایش می‌یابد.
 ب: تغییر مول گاز NO با تغییر مول گاز NO_2 برابر است.
 پ: تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و غلظت گاز NO_2 افزایش می‌یابد.
 ت: شمار کل مول‌های گازی درون ظرف، افزایش، اما شمار مول‌های O_2 کاهش می‌یابد.

- (۱) «ب» و «پ» (۲) «الف» و «پ» (۳) «ب» و «ت» (۴) «الف» و «ت»

۳۲- (تجربی ۱۴۰۳/۲ - خارج) اگر گاز CO و بخار آب موجود در دو ظرف یک لیتری، با باز شدن شیر میان آن‌ها، با یکدیگر مخلوط شوند و واکنش تعادلی $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$; $K = 16$ انجام گیرد، پس از برقراری تعادل، غلظت مولی گاز CO_2 کدام است و در مجموع چند مول فراورده در ظرف وجود خواهد داشت؟ (هر ذره معادل ۰/۱ مول ماده است.)



- (۱) ۰/۸ ، ۰/۲
 (۲) ۰/۸ ، ۰/۴
 (۳) ۰/۴ ، ۰/۲
 (۴) ۰/۴ ، ۰/۴

۳۳- (ریاضی ۱/۱۴۰۴) با توجه به تعادل گازی: $SO_2Cl_2 \rightarrow SO_2 + Cl_2$, $\Delta H > 0$ کدام دو تغییر، واکنش را در جهت افزایش مجموع غلظت مولی گازهای فراورده پیش خواهد برد؟

- (۱) خارج کردن مقداری SO_2Cl_2 ، تزریق مقداری Cl_2
- (۲) خارج کردن مقداری Cl_2 ، تزریق مقداری SO_2
- (۳) کاهش دما، کاهش حجم ظرف
- (۴) کاهش حجم ظرف، افزایش دما

۳۴- (ریاضی ۱/۱۴۰۴) اگر در دو دمای $a^\circ C$ و $b^\circ C$ ، ثابت تعادل واکنش گازی: $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ ، به ترتیب برابر 0.1 و 4 باشد، با وارد کردن یک مول از هر واکنش دهنده به ظرف ۲ لیتری برای آغاز واکنش، بازده درصدی واکنش در دمای $b^\circ C$ چند برابر بازده درصدی واکنش در دمای $a^\circ C$ خواهد بود؟

- (۱) $7/5$
- (۲) $10/5$
- (۳) 15
- (۴) 21

۳۵- (تجربی ۱/۱۴۰۴) در دمای معین، تعادل گازی: $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$, $K = 0.5$ در ظرف ۵ لیتری برقرار و شمارمولهای فراورده برابر شمار مولهای هریک از واکنش دهنده‌ها است. اگر با کاهش دما، شمار مولهای فراورده برابر مجموع شمار مولهای واکنش دهنده‌ها شود، ثابت تعادل جدید، به تقریب کدام است؟

- (۱) $3/40$
- (۲) $2/55$
- (۳) $1/75$
- (۴) $1/70$

۳- فناوری ساخت مواد شیمیایی:

۳-۱- ارزش فناوری‌های شیمیایی:

فناوری، به‌کاربردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص است. فناوری همیشه با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است. شیمی‌دان‌ها نیز مواد جدیدی می‌سازند یا روشی برای ساخت آسان‌تر و باصرفه‌تر آن‌ها ارائه می‌کنند و هم‌چنین به دنبال یافتن روش، طراحی و ساخت دستگاه‌هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد هستند.

✓ مواد خام و اولیه موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فناوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد. بهتر است به جای خام‌فروشی منابع، به کمک فناوری‌های شیمیایی، مواد خام و اولیه را به فرآورده‌های دیگر تبدیل کرد یا آن‌ها را جداسازی و خالص‌سازی نمود تا بتوان به قیمت بالاتری به فروش رساند و به این ترتیب، بهره‌وری را افزایش داد.

✓ روند کلی افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی به صورت زیر است:

مواد خام $\xleftarrow{\text{انرژی، آب، فناوری‌های شیمیایی، نیروی انسانی}}$ مواد اولیه‌ی مهم و پرکاربرد در صنایع دیگر $\xleftarrow{\text{انرژی، آب، فناوری‌های شیمیایی، نیروی انسانی}}$ فرآورده‌ی هدف

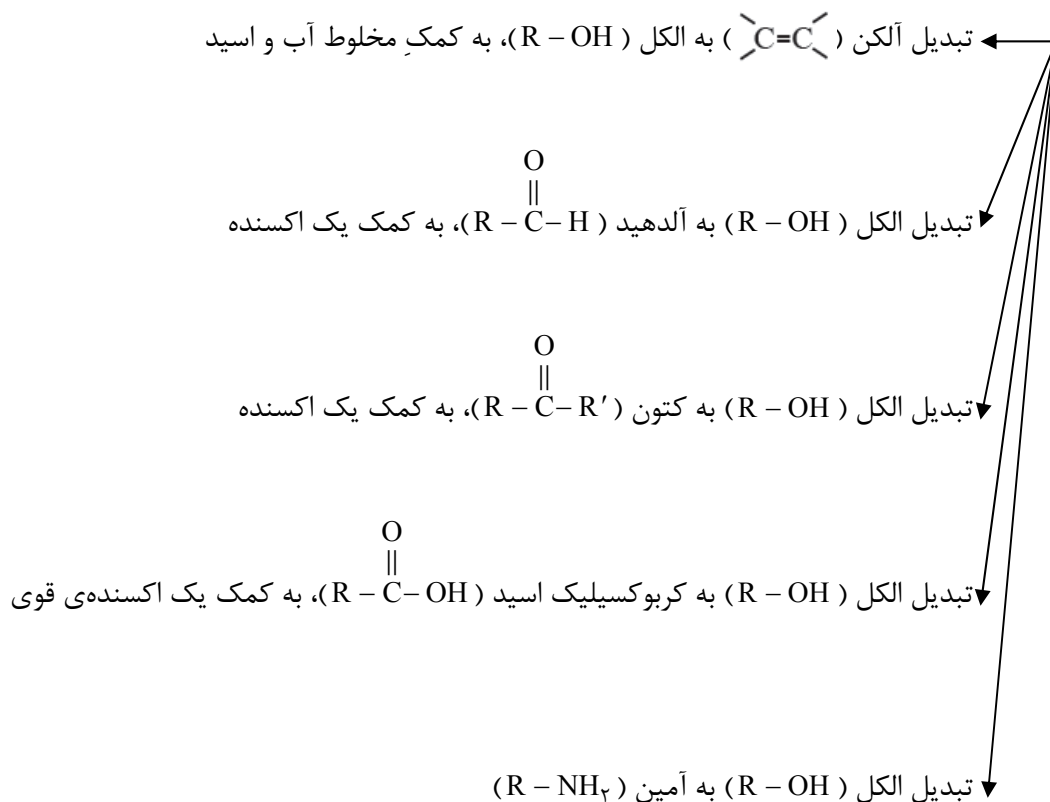
۳-۲- سنتز مولکول‌های آلی:

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

✓ شیمی‌دان‌ها با استفاده از مواد شیمیایی گوناگون، گروه‌های عاملی موجود در یک ماده‌ی آلی را تغییر داده و به گروه‌های عاملی دیگر تبدیل می‌کنند. به این ترتیب ماده‌ای نو برای کاربردی معین سنتز می‌کنند. هرچه نوع و تعداد گروه‌های عاملی در مولکول هدف بیش‌تر باشد، ساخت آن دشوارتر بوده، به دانش پیشرفته‌تر و فناوری کارآمدتری نیاز دارد.

✓ از آن‌جا که بازده واکنش، هزینه‌ی مواد و انرژی تولید ماده‌ی هدف به نوع واکنش و فناوری به کار رفته بستگی دارد، شیمی‌دان‌ها در پی یافتن مواد مناسب، ارزان، دوستدار محیط زیست و هم‌چنین در پی یافتن واکنش‌های ساده و پربازده هستند تا هزینه‌ی تمام شده‌ی تولید یا سنتز را کاهش دهند. در گام بعد، دانش مهندسی برای تولید صنعتی آن ماده، فناوری لازم را طراحی و اجرا می‌کند.

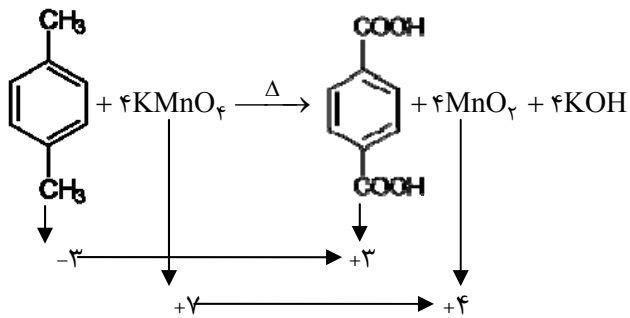
❖ نکته‌ی ۱: چند نمونه‌ی کلی از تبدیل برخی مواد آلی به یکدیگر در زیر آورده شده است.



۳-۲- سنتز ترفتالیک اسید:

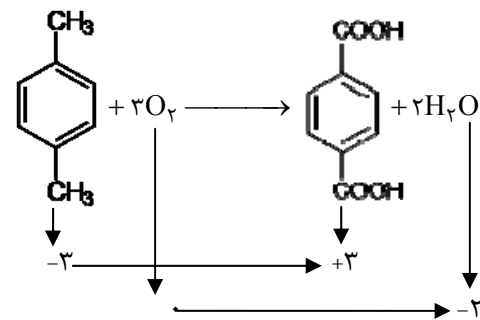
از اکسایش پارازایلن توسط محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات، با بازده نسبتاً خوبی، ترفتالیک اسید به دست می‌آید. البته انرژی فعال‌سازی این واکنش زیاد است و باید دمای مخلوط واکنش افزایش یابد. با افزایش دما، اگرچه شرایط واکنش تأمین شده است، اما هم‌چنان بازده مطلوب نیست.

ترفتالیک اسید $\xrightarrow{\Delta}$ اکسنده (محلول بازی و غلیظ KMnO_4) + پارازایلن



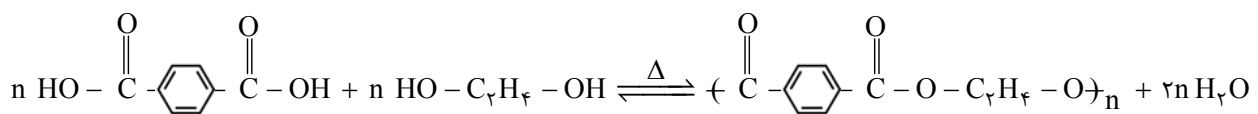
از اکسایش پارازایلن توسط اکسیژن هوا و در حضور کاتالیزگرهای مناسب، ترفتالیک اسید تولید می‌شود. این واکنش شرایطی آسان‌تر و بازدهی بالاتری نسبت به واکنش قبلی دارد.

ترفتالیک اسید $\xrightarrow{\text{کاتالیزگر}}$ O_2 + پارازایلن



۳-۳- سنتز پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)

آب + پلی‌اتیلن ترفتالات \rightleftharpoons اتیلن گلیکول + ترفتالیک اسید



۳-۴- فناوری شیمیایی بازیافت PET:

پلاستیک‌ها به دلیل ویژگی‌هایی مانند چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی کاربردهای وسیعی یافته‌اند؛ به طوری که امروزه حدود ۴۰۰ میلیون تن در سال از این مواد در جهان تولید می‌شود. از آن‌جا که پلاستیک‌ها (از جمله PET)، همانند پلیمرهای سنتزی دیگر، ماندگاری زیادی دارند و در طبیعت به کندی تجزیه می‌شوند، لازم است برای بازیافت آن‌ها فناوری‌های مناسب به کار گرفته شود.

✓ روش‌های بازیافت PET:

← استفاده از فرایندهای فیزیکی: در این حالت، آن‌ها را پس از شست‌وشو و تمیز کردن، ذوب می‌کنند و دوباره برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند.

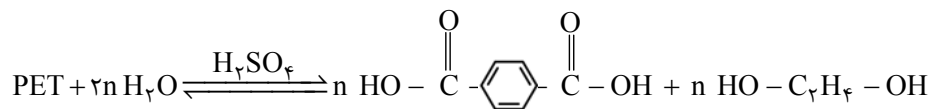
البته پس از شست‌وشوی مواد پلاستیکی می‌توان آن‌ها را خرد کرده، به تکه‌های کوچک به نام پُرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد.

← استفاده از فرایندهای شیمیایی (بازیافت شیمیایی): در این حالت، پسماندها را به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه‌ی مفید و ارزشمند تبدیل می‌کنند.

برخی از روش‌های بازیافت شیمیایی PET عبارتند از:

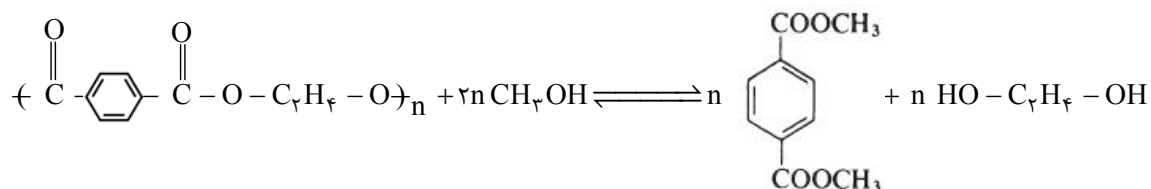
← روش آبکافت اسیدی:

« الکل دوعاملی + اسید دوعاملی $\xrightleftharpoons{H_2SO_4}$ PET + آب »



← روش واکنش با متانول (متانولیز):

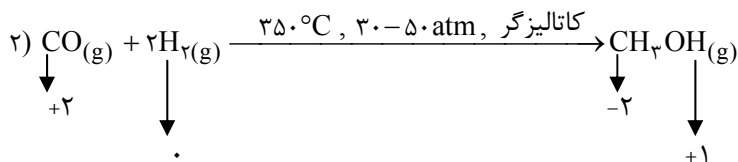
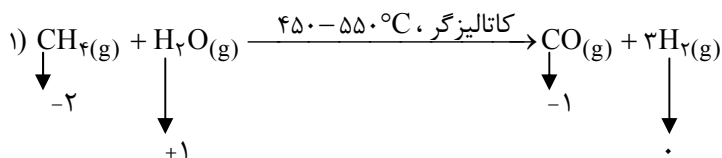
« اتیلن گلیکول + دی‌متیل ترفتالات \rightleftharpoons PET + متانول »



۳-۵- فناوری شیمیایی تولید متانول (CH₃OH):

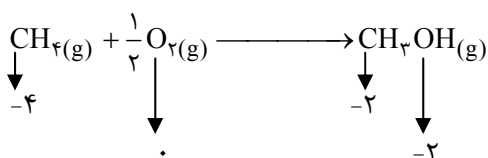
متانول مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده‌ی الکل‌ها است که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. البته برای تولید در مقیاس صنعتی، از تبدیل غیرمستقیم یا مستقیم گاز متان به متانول استفاده می‌شود.

← تبدیل غیرمستقیم متان به متانول:



→ تبدیل مستقیم متان به متانول:

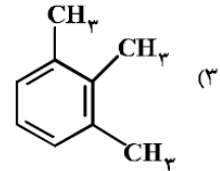
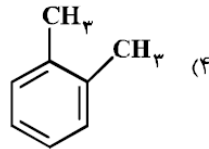
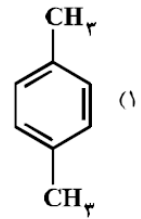
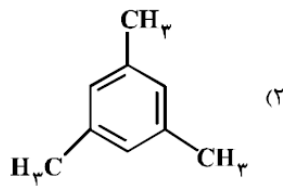
این روش به دمای بالا نیاز ندارد. بنابراین آلودگی کم‌تری ایجاد می‌کند و کم‌هزینه‌تر است.



❖ نکته‌ی ۱: گاز متان ارزان است و می‌توان آن را از گاز طبیعی، گاز مشعل (گازی که در میدان‌های نفتی یافت می‌شود و برای افزایش ایمنی، بخش عمده‌ی آن را می‌سوزانند) و زیست‌گاز به دست آورد. البته متان به دلیل سیرشده بودن، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و تبدیل آن به متانول فرایندی دشوار است.

❖ نکته‌ی ۲: شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کم‌ترین آسیب به محیط زیست و بیش‌ترین بازده است. بر اساس اصول شیمی سبز، یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است که شمار بیش‌تری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فرآورده‌های سودمند تبدیل شود.

۱- (ریاضی ۹۸) از اکسایش کدام ترکیب می توان ترفتالیک اسید تهیه کرد؟



۲- (تجربی ۹۸) کدام موارد از مطالب زیر درست اند؟

- (آ) به گونه‌ی معمول، بیش تر پلاستیک‌ها زیست تخریب پذیرند.
 (ب) پلاستیک پلی اتیلن ترفتالات را می توان پس از مصرف بازیافت کرد.
 (پ) دسترسی به پلاستیک‌ها، نمونه‌ای از نتایج خلاقیت بشر به شمار می آید.
 (ت) چگالی بالا و نفوذناپذیری پلاستیک‌ها در برابر آب و هوا، از ویژگی‌های آن‌ها است.

(۱) ب، پ (۲) ب، ت (۳) آ، ب، پ (۴) ب، پ، ت

۳- (ریاضی ۱۴۰۰) کدام مطلب درست است؟

- (۱) ترفتالیک اسید، اسیدی دو عاملی است که در تهیه‌ی پلیمر PET مصرف دارد.
 (۲) در شرایط مشابه، انحلال پذیری ترفتالیک اسید در آب کم تر از پارازایلن است.
 (۳) بنزن، اتیلن گلیکول و گازوئیل از فرایند تقطیر نفت خام به دست می آیند.
 (۴) زنجیره‌ی مولکولی پلی پروپن، مانند پلی اتن بدون شاخه است.

۴- (ریاضی ۱۴۰۱) چند مورد از مطالب زیر درست است؟ ($H = 1, C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$)

- ۷۳/۵ درصد جرم مولکولی پارازایلن را کربن تشکیل می دهد.
- شمار اتم‌های کربن مولکول پارازایلن و مولکول استیرن برابرند.
- اتانویک اسید را می توان طی یک واکنش مناسب، به طور مستقیم از اتن به دست آورد.
- متانول را می توان با کاتالیزگر در دمای مناسب از واکنش گاز H_2 با گاز CO به دست آورد.
- مونومرهای سازنده‌ی پلیمری با فرمول ساختاری یک الکل دو عاملی و یک اسید دو عاملی اند.

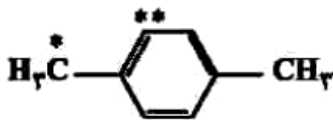
(۱) پنج (۲) چهار (۳) سه (۴) دو

۵- (تجربی ۱۴۰۱) درباره‌ی تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، در مجاورت اکسیژن و کاتالیزگر مناسب، چند مورد از مطالب زیر درست است؟ ($H = 1, C = 12, O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$)

- 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.
- تهیه‌ی 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

۶- (تجربی ۱۴۰۱-خارج) با توجه به ساختار مولکولی ترکیب زیر، کدام موارد از مطالب زیر درباره‌ی آن درست است؟



- (الف) فرمول مولکولی آن با فرمول مولکولی نفتالن یکسان است.
 (ب) مجموع عددهای اکسایش اتم‌های کربن ستاره‌دار برابر ۴- است.
 (پ) در تبدیل آن به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش اتم C^* ، ۶ واحد افزایش می‌یابد.
 (ت) با استفاده از اتن و در مجاورت یک اکسنده‌ی مناسب، به ترفتالیک اسید تبدیل می‌شود.

(۱) الف - پ (۲) الف - ت (۳) ب - ت (۴) ب - پ

۷- (ریاضی ۱۴۰۲/۲ - خارج) کدام مورد درست است؟

- (۱) در واکنش تبدیل یک هیدروکربن به فراورده‌ی آلی اکسیژن‌دار، (مجموع) عدد اکسایش اتم‌های کربن کاهش می‌یابد.
- (۲) یکی از روش‌های بازیافت شیمیایی PET، واکنش آن با متانول در شرایط مناسب و تبدیل آن به مواد مفید است.
- (۳) یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه است که شمار بیش‌تری از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده تبدیل شوند.
- (۴) واکنش: $CH_4(g) \rightarrow C_2H_6(g) + H_2(g)$ ، یک واکنش گرماگیر با مقدار انرژی فعال‌سازی منفی است.

۸- (ریاضی ۱۴۰۳/۲) کدام مورد نادرست است؟

- (۱) بازده واکنش و هزینه‌ی مواد و انرژی مصرف شده برای تولید فراورده‌ها به نوع واکنش و فناوری به‌کار رفته بستگی دارد.
- (۲) حلال چسب از واکنش پرکاربردترین اسید آلی با نوعی الکل ضدعفونی‌کننده و در محیط اسیدی تشکیل می‌شود.
- (۳) پلی‌اتن یکی از مهم‌ترین خوراکی‌ها در صنایع پتروشیمی به‌شمار می‌آید.
- (۴) یکی از کاربردهای اتان استفاده از آن به‌عنوان سوخت است.

۹- (تجربی ۱۴۰۳/۲) کدام مورد نادرست است؟

- (۱) در واحد تکرارشونده‌ی PET، از یک سو گروه عاملی کربونیل و از سوی دیگر گروه عاملی اتری جای دارد.
- (۲) ترفتالیک اسید یک کربوکسیلیک اسید دو عاملی آروماتیک است که می‌تواند در ساخت پلی‌استر به‌کار رود.
- (۳) مونومرهای سازنده‌ی PET به‌صورت غیرمستقیم و طی واکنش‌های اکسایش - کاهش از نفت خام به‌دست می‌آید.
- (۴) اضافه کردن اکسیژن و کاتالیزگر می‌تواند در افزایش بازدهی واکنش تشکیل ترفتالیک اسید از پارازایلن مؤثر باشد.

۱۰- (تجربی ۱۴۰۳/۲ - خارج) کدام موارد زیر درست است؟

- الف: ویژگی‌های ظاهری می‌تواند الکل چوب را از الکل ضدعفونی متمایز کند.
 ب: از ترفتالیک اسید می‌توان به‌عنوان مونومر سازنده‌ی پلی‌استر و پلی‌آمید استفاده کرد.
 پ: در واکنش تشکیل ترفتالیک اسید از پارازایلن، یون پرمنگنات به‌عنوان کاتالیزگر به‌کار می‌رود.
 ت: از زیست‌گاز می‌توان به‌عنوان ماده‌ی اولیه‌ی فرایند بازیافت شیمیایی پلیمرهای سنتزی استفاده کرد.

(۱) «الف» و «ت» (۲) «الف» و «پ» (۳) «ب» و «ت» (۴) «ب» و «پ»

۱۱- (تجربی ۱۴۰۴/۱) کدام مورد نادرست است؟

- (۱) گاز متان سازنده‌ی اصلی گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی، برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از آن را می‌سوزانند.
 (۲) در شرایط مناسب و طی واکنش‌های کاهش اتن و پارازایلن، مونومرهای سازنده‌ی PET تهیه می‌شود.
 (۳) در شرایط مناسب، با استفاده از کاتالیزگر و گاز اکسیژن، می‌توان گاز متان را به متانول تبدیل کرد.
 (۴) تبدیل متان به متانول دشوار است و به دانش و فناوری پیشرفته نیاز دارد.

Blank lined area for notes.

Blank lined area for notes.

