



سه شنبه
۱۴۰۴/۰۱/۲۶

دفترچه پاسخ

۴ دوازدهم

دوبینگ ماز

گروه آزمایشی علوم تجربی
شیمی

ویراستاران	طراحان	مسئول درس	درس
فرهنگ امیری - رامین رزمجو محمد داودآبادی فراهانی بنیامین بهرامی	فرشاد هادیان فرد - علی ترابی محمد کهنه پوشی - مهسا بایمانی نژاد عالیه میرزایی - سعیده محبی فرهنگ امیری - امیر بصراوی	فرشاد هادیان فرد	شیمی

۴ دوازدهم	۳ یازدهم ۳ دوازدهم	۲ دوازدهم	۱ دوازدهم	۲ یازدهم	۱ یازدهم	۳ دهم	۱ و ۲ دهم
هفته ششم	هفته پنجم		هفته چهارم	هفته سوم		هفته دوم	هفته اول

۵۵ روز جمع‌بندی تا کنکور اردیبهشت

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هرگونه استفاده غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.



سلام به تو، دوست مازی من!

امیدوارم که از این آزمون نتیجه دلخواهت رو گرفته باشی و بتونی نکات این فصل رو هم خیلی خوب مرور کنی! فصل چهارم از کتاب شیمی دوازدهم، همه مدل سوآلی در کنکور داره و تنوع سوآلاتش نسبتاً بیشتر از بقیه فصل‌ها هست. اطلاعات آماری مربوط به فصل چهار کتاب شیمی دوازدهم، به شرح زیر است:

تعداد میانگین سوآلات فصل در کنکورهای اخیر		تعداد سوآلات مسئله	
تعداد سوآلات مسئله	۱	تعداد سوآلات مسئله	۱
مهم‌ترین تیترهای مسئله		مهم‌ترین تیترهای مفهومی	
مسائل ثابت تعادل - مسائل مربوط به عوامل مؤثر بر تعادل - مسائل مربوط به واکنش تولید PET		مفهوم انرژی فعال‌سازی - عوامل مؤثر بر سرعت واکنش - مکانیسم عمل کاتالیزورها - شرایط بهینه فرایند هابر - عوامل مؤثر بر جابه‌جایی تعادل‌ها - روند تولید و بازیافت PET - واکنش تولید متانول با استفاده از متان	

ممکنه به هر علتی، مسائل این فصل رو خوب نخونده باشی. اگه اینطوری، مهم‌ترین توصیه من به شما اینه که سعی کنی روی حفظیات و مفاهیم این فصل مسلط باشی و علاوه بر اون، مسائل آسون فصل رو هم یاد بگیری. دقت کنی که در طول چند سال اخیر، خیلی از سوآلاتی که از این فصل مطرح شدن در کنکور، سطح آسونی داشتن و خیلی راحت می‌شده به اونا جواب داد.

بچه‌ها، داریم به چند هفته پایانی کنکور نزدیک میشیم و شما باید خیلی خیلی از همه نظر مراقب خودتون باشین. کلی تلاش کردین و قطعاً بهترین نتیجه ممکن رو هم خواهید گرفت. ما هم سعی کردیم همه تلاش خودمون رو به کار بگیریم تا شما رو آماده کنیم برای گرفتن به نتیجه عالی و خفن. آزمون‌های سالیانه، آزمون‌های دوپینگ، کلاس‌های سالیانه، دوره کمربند مشکی، کلاس‌های نکته و تست و ... همگی فقط به دنبال همین هدف مهم برگزار شدن و امیدوارم که تونسته باشن به شما کمک کنن. بهتون توصیه می‌کنم در طول یکی دو هفته آینده، متن کتاب درسی رو خیلی خوب بخونید و تا جایی که می‌تونید، آزمون زیاد حل کنید.

دکتر فرشاد هادیان فرد - رتبه ۲۸ کنکور ۹۴ و مسئول درس شیمی آزمون ماز

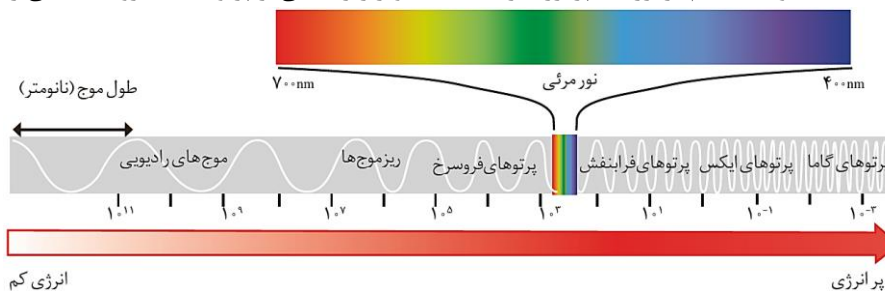
۱- کدام یک از مطالب زیر درست است؟

- در میان کودهای شیمیایی مختلف، فناوری شیمیایی تولید اوره زودتر از آمونیاک ایجاد شده است.
- آلاینده‌های هواکره، اغلب بی‌رنگ بوده و نوع و مقدار آن‌ها در هوای شهرهای مختلف یک کشور، یکسان است.
- در مقابل نور خورشید، یک جسم قرمز رنگ در مقایسه با یک جسم آبی رنگ، پرتوهای پراثری‌تری را جذب می‌کند.
- در طیف‌سنجی فرسرخ، استیک اسید و متیل متانوات گستره یکسانی از پرتوهای الکترومغناطیسی را جذب می‌کنند.

(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۴)

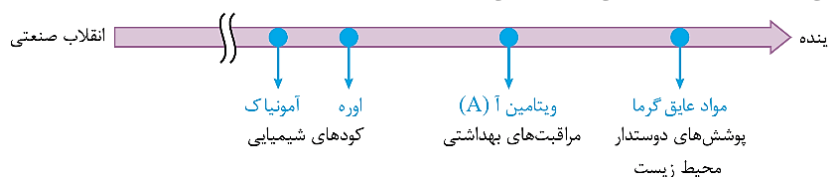
پاسخ: گزینه ۳

رنگی از یک جسم که توسط چشم ما درک می‌شود، ناشی از پرتوهای الکترومغناطیسی مرئی بازتاب‌شده از سطح آن جسم است. به‌عنوان مثال اگر جسمی پرتوهای سبز را بازتاب و سایر پرتوها را جذب کند، توسط چشم یک انسان به رنگ سبز دیده می‌شود. جسم قرمز رنگ، تمام پرتوها به‌جز پرتوهای قرمز و جسم آبی رنگ نیز تمام پرتوها به‌جز پرتوهای آبی را به خود جذب می‌کند. می‌دانیم که پرتوهای آبی رنگ، نسبت به پرتوهای قرمز طول موج کمتر و در نتیجه انرژی بیشتری دارند، پس پرتوهای جذب‌شده توسط جسم قرمز رنگ، پراثری‌تر هستند. تصویر زیر، نمایی از پرتوهای الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد:



بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ نمودار زیر روند زمانی برخی از فناوری‌های شیمیایی را نشان می‌دهد.



اوره و آمونیاک دو کود شیمیایی نیتروژن دار هستند. فناوری تولید آمونیاک با همان فرایند هابر، پیش از فناوری تولید اوره حاصل شده و آمونیاک زودتر به تولید صنعتی رسیده است.



شیمی و فناوری

دانش شیمی و فناوری‌های آن، نقش پررنگی در گذر از تنگناها و رسیدن به زندگی مدرن امروزی داشته است. نمودار زیر، برخی از فناوری‌های مهم شیمیایی و نتایج حاصل از آن‌ها را نشان می‌دهد:

- تصفیه آب ← جلوگیری از گسترش انواع بیماری‌ها از جمله وبا
- تولید بنزین ← سرعت‌دادن به فرایند حمل‌ونقل در جهان
- تولید پلاستیک ← دگرگون‌کردن صنعت تولید پوشاک و صنعت بسته‌بندی مواد غذایی و دارویی
- شناسایی و تولید مواد بی‌حس‌کننده و آنتی‌بیوتیک ← هموارشدن راه برای انجام جراحی‌های گوناگون
- شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب ← تأمین غذای جهان
- مبدل‌های کاتالیستی ← کاهش‌دادن آلودگی‌های ناشی از مصرف بنزین
- صنایع الکترونیک ← گسترش فناوری تولید صفحه‌های نمایشگر در وسایل الکترونیکی

هوای خشک و پاک، مخلوطی از گازهای گوناگون است که به‌طور یکنواخت در هوا کره پخش شده‌اند. این در حالی است که در هوای آلوده، آلاینده‌هایی مانند گازهای SO_2 ، O_3 ، NO ، NO_2 و CO ، ذرات معلق و مواد آلی فرار وجود دارد. این آلاینده‌ها اغلب بی‌رنگ هستند و نمی‌توان به آسانی وجود آن‌ها را تشخیص داد. این آلاینده‌ها بوی هوا را بد می‌کنند، چهره شهر را زشت می‌کنند، فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشند و سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شوند. توجه داریم که نوع آلاینده‌ها و مقدار هریک از آن‌ها در شهرهای گوناگون متفاوت است. از طیف‌سنجی فرورسرخ، برای شناسایی و اندازه‌گیری غلظت این مواد در هوا استفاده می‌کنند.

طیف‌سنجی یک روش شناسایی و بررسی ساختار مواد بر اساس برهمکنش میان ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی است. اگر از پرتوهای فرورسرخ در این روش استفاده شود، طیف‌سنجی فرورسرخ خواهد بود که روشی برای شناسایی گروه‌های عاملی موجود در ساختار مواد آلی است. در این روش، هر گروه عاملی تنها طول موجی مشخص را جذب می‌کند. استیک اسید و متیل متانوات دو ایزومر هستند که اولی گروه عاملی کربوکسیل و دیگری گروه عاملی استری دارد. بر این اساس، می‌توان گفت این دو ماده طول موج متفاوتی از پرتوهای فرورسرخ را جذب می‌کنند. البته باید در نظر داشت که ممکن است گروه عاملی دو ایزومر مشابه باشند (مانند متیل اتانوات و اتیل متانوات) و هر دو یک طول موج مشخص را جذب کنند.

کاربردهای طیف‌سنجی

علاوه بر تشخیص نوع گروه‌های عاملی در مواد آلی، از طیف‌سنجی فرورسرخ می‌توان برای شناسایی آلاینده‌های موجود در هواکره مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای نیز استفاده کرد. توجه داریم که در طیف‌سنجی می‌توان از دیگر امواج نیز بهره برد و آن‌ها نیز استفاده‌های خاص خود را دارند. به‌عنوان مثال، تصویربرداری MRI در پزشکی یک روش طیف‌سنجی محسوب می‌شود. استفاده از طیف‌سنج جرمی نیز یکی دیگر از کاربردهای طیف‌سنجی است.

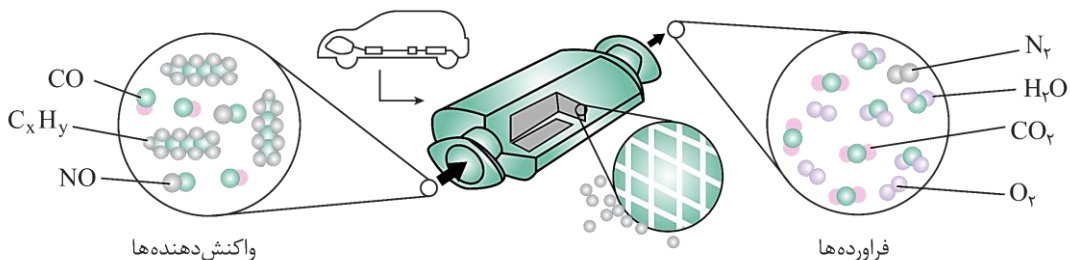
گروه آموزشی ماز

- ۲- کدام موارد از مطالب زیر در مورد مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی درست هستند؟
- الف: بیشترین آلاینده خروجی از آگزوز این خودروها، در حضور و عدم حضور مبدل، گاز کربن مونوکسید است.
- ب: بیشترین جرم آلاینده حذف‌شده توسط مبدل از میان گازهای خروجی از آگزوز، نیتروژن مونوکسید است.
- پ: ترکیب گازهای خارج‌شده از مبدل کاتالیستی این خودروها و مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی مشابه هم هستند.
- ت: واکنش حذف نیتروژن مونوکسید در ساختار این مبدل‌ها، معکوس واکنش تولید این ماده از عناصر سازنده است.
- (۱) «الف» و «پ» (۲) «الف» و «ت» (۳) «ب» و «پ» (۴) «ب» و «ت»

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

شکل زیر ساختار مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی را نشان می‌دهد:



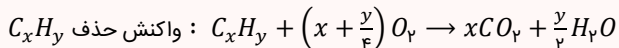
مجاورت آلاینده‌ها با کاتالیزگر

استفاده از مبدل کاتالیستی، مقدار آلاینده‌گی حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد.



مبدل کاتالیستی

مبدل کاتالیستی وسیله‌ای است که بر روی مسیر گاز خروجی از موتور خودرو قرار گرفته و باعث کاهش آلاینده‌ها می‌شود. در این قطعه کاتالیزگرهای واکنش‌های حذف آلاینده‌ها و تبدیل آن‌ها به مواد پایدارتر و بی‌خطر وجود دارد تا در مدت زمان کم و دمای پایین مانع از ورود بخش عمده‌ای از این آلاینده‌ها به هوا شود. در مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی، کاتالیزگرها معادل با سه فلز رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) بوده که بر روی سطح سرامیک توری شکلی قرار دارند. البته در این مبدل‌ها، برای افزایش کارایی می‌توان سرامیک را به صورت مش (دانه) های ریز در آورد تا سطح تماس آن با آلاینده‌ها افزایش یابد. واکنش‌های انجام گرفته در این قطعه به صورت زیر است:



هر سه واکنش مطرح شده در بالا گرماده هستند که به دلیل انرژی فعال‌سازی بالا، در دمای پایین و بدون حضور کاتالیزگر به کندی انجام می‌شوند. توجه داریم که کاتالیزگرهای موجود در مبدل‌های کاتالیستی، بارها و بارها در واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌ها شرکت می‌کنند و مصرف نمی‌شوند؛ اما این کاتالیزگرها گاهی با برخی از مواد افزودنی موجود در سوخت‌ها وارد واکنش شده و کارایی خود را از دست می‌دهند. در این شرایط، کارایی مبدل کاتالیستی کاهش پیدا کرده و این مبدل دیگر قابل استفاده نیست.

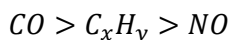
در رابطه با مبدل‌های کاتالیستی، عبارات‌های (الف) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: جدول زیر، مقدار آلاینده‌های خارج شده از آگزوز خودروها را در صورت مصرف سوخت مناسب (سوخت بدون گوگرد) در حضور و عدم حضور مبدل کاتالیستی نشان می‌دهد:

فرمول شیمیایی آلاینده			
NO	C_xH_y	CO	در غیاب مبدل کاتالیستی
۱/۰۴	۱/۶۷	۵/۹۹	مقدار آلاینده برحسب گرم به ازای طی یک کیلومتر
۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۶۱	در حضور مبدل کاتالیستی
۹۶/۲	۹۵/۸	۸۹/۸	درصد حذف آلاینده توسط مبدل کاتالیستی

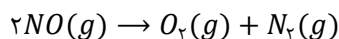
در هر دو حالت حضور و عدم حضور مبدل کاتالیستی، ترتیب جرم آلاینده‌های خارج شده از آگزوز به صورت زیر است:



«ب»: مطابق جدول، بیشترین جرم آلاینده حذف شده توسط مبدل کاتالیستی مربوط به گاز کربن مونوکسید و بیشترین درصد آلاینده حذف شده مربوط به گاز نیتروژن مونوکسید است.

«پ»: در خودروهای بنزینی، به مبدل کاتالیستی سه آلاینده CO ، NO و هیدروکربن نسوخته وارد شده و از آن گازهای نیتروژن، کربن دی‌اکسید، اکسیژن و بخار آب با آلاینده‌گی کمتر خارج می‌شوند. در خودروهای دیزلی نیز به مبدل کاتالیستی گازهای CO ، NO_2 ، NO و هیدروکربن نسوخته وارد شده و از آن گازهای نیتروژن، کربن دی‌اکسید و بخار آب خارج می‌شوند. پس طبق شکل‌های مطرح شده در کتاب درسی، گاز خروجی از ساختار این دو قطعه از نظر وجود اکسیژن متفاوت هستند. البته این جمله به سبک جمله‌های ابهام‌دار کنکور سراسری طراحی شده است.

«ت»: اکسید نیتروژن تولید شده از این خودروها NO است که واکنش حذف آن در مبدل کاتالیستی به صورت زیر است:



این واکنش معکوس واکنش تولید این اکسید از عناصر سازنده یعنی گاز نیتروژن و گاز اکسیژن است.

گروه آموزشی ماز

۳- در شرایطی مشخص از فرایند هابر، درصد حجمی گاز آمونیاک در مخلوط گازی تعادل برابر ۲۰ درصد است. اگر واکنش در ظرفی ۱۰۰ لیتری انجام شده و مجموعاً ۱۰۰ مول ماده گازی در ظرف واکنش وجود داشته باشد، مقدار ثابت تعادل واکنش در این شرایط به تقریب چند $L^2 \cdot mol^{-2}$ است؟ (در ابتدای واکنش، گازهای نیتروژن و هیدروژن با نسبت مولی فرایند هابر با یکدیگر مخلوط شده‌اند).

۰/۸۱ (۴)

۰/۶۳ (۳)

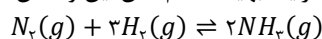
۰/۴۲ (۲)

۰/۹۳ (۱)

(متوسط - مسئله - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

نیتروژن واکنش‌پذیری ناچیزی دارد و در دمای اتاق با گاز هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه واکنش نمی‌دهد؛ بنابراین از واکنش گازهای نیتروژن و هیدروژن در دما و شرایط اتاق نمی‌توانیم برای تولید آمونیاک استفاده کنیم. از طرف دیگر، واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن برگشت‌پذیر است و به صورت تعادلی انجام می‌شود؛ پس کل گازهای نیتروژن و هیدروژن وارد شده به محفظه واکنش، به فراورده تبدیل نمی‌شوند. هابر به دنبال شرایطی بود که در آن، واکنش‌دهنده‌ها تا حد ممکن به فراورده‌ها تبدیل شوند و واکنش به میزان بیشتری پیشرفت کند. هابر واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن را بارها و بارها در شرایط گوناگون انجام داد تا سرانجام موفق به یافتن شرایط بهینه انجام شدن این واکنش شد. معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:





ثابت تعادل

معادله ثابت تعادل واکنش $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ برابر است با:

$$K = \frac{[C]^c \times [D]^d}{[A]^a \times [B]^b}$$

اگر به جای غلظت‌ها، بخواهیم از مقدار مواد موجود در واکنش استفاده کنیم، رابطه زیر را به کار می‌بریم:

$$K = \frac{(n_C)^c \times (n_D)^d}{(n_A)^a \times (n_B)^b} \times V^{(a+b)-(c+d)}$$

در واقع در رابطه بالا، توان حجم ظرف برابر مجموع ضرایب مواد گازی یا محلول در واکنش‌دهنده‌ها منهای مجموع ضرایب مواد گازی یا محلول در سمت فرآورده‌ها است.

شرایط بهینه انجام فرایند هابر، دمای 450°C و فشار 200 اتمسفر و در حضور کاتالیزگر واکنش (آهن) خواهد بود. ثابت تعادل این واکنش به صورت زیر است:

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 \times [N_2]} = \frac{(n_{NH_3})^2}{(n_{H_2})^3 \times n_{N_2}} \times V^{(2+1)-2}$$

در شرایط مشابه از نظر دما و فشار محیط، نسبت حجمی گازها برابر نسبت مولی آن‌ها است. پس با توجه به فرض سؤال می‌توان گفت 20% درصد مقدار (مول) گازهای موجود در ظرف واکنش مربوط به آمونیاک است. بنابراین در 100 مول گاز، 20 مول آن را گاز آمونیاک و مجموعاً 80 مول را گازهای نیتروژن و هیدروژن تشکیل می‌دهند. ضرایب گازهای هیدروژن و نیتروژن در معادله واکنش به ترتیب برابر با 3 و 1 هستند، بر این اساس شمار مول‌های گاز هیدروژن و نیتروژن به ترتیب برابر 60 و 20 مول است. حال ثابت تعادل را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{(20)^2}{(60)^3 \times 20} \times 100^2 = \frac{20 \times 100^2}{(60)^3} = \frac{100^2}{3 \times (60)^2} = \frac{1}{3} \times \left(\frac{5}{3}\right)^2 = \frac{25}{27} \approx 0.93 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$$

پس در این شرایط ثابت تعادل واکنش به تقریب برابر 0.93 است.

گروه آموزشی ماز

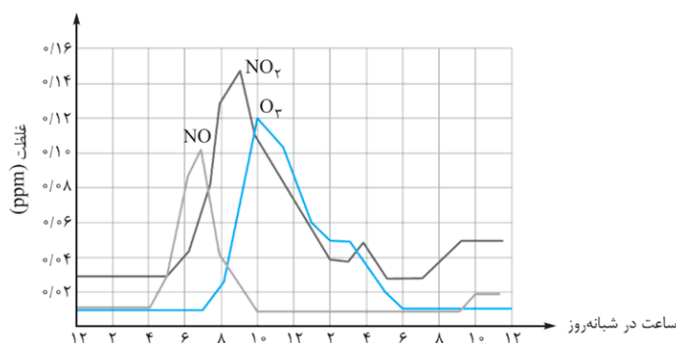
۴- کدام یک از مطالب زیر در مورد اوزون، نیتروژن مونوکسید و نیتروژن دی‌اکسید در هوای شهرهای بزرگ نادرست است؟

- (۱) در طول شب، بیشترین غلظت آلاینده موجود در هوا، مربوط به گاز NO_2 است.
- (۲) بیشترین غلظت ppm اوزون کمتر از نیتروژن مونوکسید بوده و در ساعات دیرتری از روز ایجاد می‌شود.
- (۳) برخی از این گازها در هواکره تولید شده و در واکنش تولید آن‌ها، یک گاز ناقطبی مشابه مصرف می‌شود.
- (۴) گاز اوزون همانند گاز گوگرد تری‌اکسید، به‌طور مستقیم از سوختن خودروها تولید نمی‌شود.

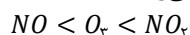
(متوسط - حفظی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

برهمکنش‌های شیمیایی انجام‌گرفته میان اکسیدهای نیتروژن و تولید اوزون، موجب ایجاد الگویی در غلظت آلاینده‌های موجود در هوا شده که در نمودار زیر مشخص شده است:



مطابق این نمودار، در طول شب و فعالیت اندک خودروها، مقایسه غلظت این سه آلاینده به صورت $NO < NO_2 < O_3$ است. در ابتدای صبح با تولید گاز NO موتور خودروها، غلظت این گاز به شدت افزایش می‌یابد. سپس غلظت این گاز در واکنش با گاز اکسیژن هوا کاهش یافته و موجب تولید و افزایش غلظت گاز NO_2 می‌شود. در نهایت گاز NO_2 در واکنش با گاز اکسیژن هوا، اوزون تروپوسفری را ایجاد می‌کند. پس به ترتیب ابتدا گاز NO در اول صبح، سپس گاز NO_2 پیش از ظهر و در نهایت گاز اوزون هنگام ظهر به بیشترین غلظت خود در هوا می‌رسند. مقایسه بیشترین (حداکثر) غلظت این سه گاز در هواکره به صورت زیر است:



پس حداکثر غلظت اوزون بیشتر از NO است. همچنین در طول روز، اوزون آخرین آلاینده‌ای است که به بیشترین مقدار (قله) غلظت خود می‌رسد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ رابطه $NO < NO_2 < O_3$ میان غلظت این سه گاز در هوا در طول شب وجود دارد. بیشترین غلظت میان این سه آلاینده در طول شب و به‌طور کلی اکثر ساعات شبانه‌روز مربوط به گاز قهوه‌ای‌رنگ نیتروژن دی‌اکسید است.



۳ گاز نیتروژن مونوکسید در موتور خودروها تولید می‌شود در حالی که دو ماده دیگر در هواکره تولید می‌شوند. واکنش‌های انجام‌شده بین این سه ماده در هوا به‌صورت زیر است:



همانطور که مشخص است، در هر دو واکنش گاز ناکتبی اکسیژن مصرف می‌شود. توجه داریم که معادله دوم، همان واکنش تولید اوزون تروپوسفری است.

۴ هم گاز اوزون و هم گاز گوگرد تری‌اکسید در موتور خودروها تولید نمی‌شوند. این دو آلاینده هوا از واکنش آلاینده‌های دیگر در هوا ایجاد می‌شوند. به‌عنوان مثال، گاز گوگرد تری‌اکسید از واکنش گاز گوگرد دی‌اکسید و گاز اکسیژن هوا تولید می‌شود.

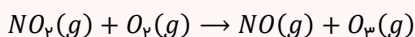
آلاینده‌های هواکره

هوای خشک و پاک مخلوط همگنی از گازهای نیتروژن، اکسیژن، آرگون، کربن دی‌اکسید و ... بوده و آلودگی هوا به علت ورود گازهای زبر به هوا است:

۱. اکسیدهای نیتروژن (NO_2 و NO): تولید این اکسیدها با توجه به واکنش‌پذیری بسیار کم گاز نیتروژن، تنها در دمای بالای موتور خودروها و همچنین هنگام رعد و برق امکان‌پذیر بوده و در شرایط عادی گاز نیتروژن با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهد. در رابطه با تولید این دو آلاینده، داریم:



۲. اوزون: در لایه تروپوسفر از واکنش زبر که انرژی فعال‌سازی آن را نور خورشید تأمین می‌کند، ایجاد می‌شود:



۳. گوگرد دی‌اکسید: این گاز از سوختن اتم‌های گوگرد موجود در سوخت‌های فسیلی ایجاد می‌شود. گاز گوگرد تری‌اکسید از واکنش این گاز با گاز اکسیژن موجود در هوا ایجاد شده و یکی از اسیدهای سازنده باران اسیدی (سولفوریک اسید) را تولید می‌کند:



۴. کربن مونوکسید: این ماده که از سوختن ناقص سوخت‌ها ایجاد می‌شود، گازی بی‌رنگ، بی‌بو و سمی بوده و چگالی کمتری نسبت به هوا دارد. این ماده بسیار سمی بوده و آلاینده‌ی بسیار بالایی دارد.

۵. هیدروکربن‌های نسوخته (C_xH_y): این مواد در موتورها نسوخته و از آگزوز خودروها خارج می‌شوند.

۶. ذرات معلق: مانند ذرات گرد و غبار و دوده که به مرور وارد هواکره می‌شوند.

گروه آموزشی ماز

۵- جدول زیر، جرم مواد شرکت‌کننده در تعادل $SO_2(g) + NO_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g) + NO(g)$ را در یک ظرف ۲ لیتری نشان می‌دهد. مقدار ثابت تعادل این واکنش چقدر است؟ ($N = 14, O = 16, S = 32; g \cdot mol^{-1}$)

ماده	SO_2	SO_3	NO_2	NO
جرم (g)	۴۸	۴۰	۱۸/۴	۵۰

۲ (۴)

۴ (۳)

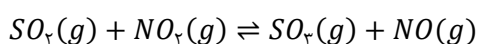
۶ (۲)

۸ (۱)

(آسان - مسئله - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

معادله این تعادل به‌صورت زیر است:



بر این اساس ثابت تعادل آن معادل است با:

$$K = \frac{[SO_3] \times [NO]}{[SO_2] \times [NO_2]} = \frac{n_{SO_3} \times n_{NO}}{n_{SO_2} \times n_{NO_2}} \times V^{(1+1)-(1+1)}$$

ابتدا مقدار مول هر یک از ترکیب‌ها را حساب می‌کنیم:

$$? \text{ mol } SO_3 = 48 \text{ g } SO_3 \times \frac{1 \text{ mol } SO_3}{80 \text{ g } SO_3} = 0.6 \text{ mol}$$

$$? \text{ mol } NO = 50 \text{ g } NO \times \frac{1 \text{ mol } NO}{30 \text{ g } NO} = \frac{5}{3} \text{ mol}$$

$$? \text{ mol } SO_2 = 40 \text{ g } SO_2 \times \frac{1 \text{ mol } SO_2}{64 \text{ g } SO_2} = \frac{5}{8} \text{ mol}$$

$$? \text{ mol } NO_2 = 18/4 \text{ g } NO_2 \times \frac{1 \text{ mol } NO_2}{46 \text{ g } NO_2} = 0.1/4 \text{ mol}$$

حال ثابت تعادل واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{n_{SO_3} \times n_{NO}}{n_{SO_2} \times n_{NO_2}} \Rightarrow K = \frac{0.6 \times \frac{5}{3}}{\frac{5}{8} \times 0.1/4} = \frac{8}{3} \times \frac{3}{2} = 4$$

پس ثابت تعادل واکنش برابر با ۴ است.



یکای ثابت تعادل

یکای ثابت تعادل برای واکنش‌های مختلف، متفاوت از یکدیگر است و به تفاوت میان شمار مول‌های گازی و محلول موجود در دو طرف واکنش بستگی دارد. در این رابطه، داریم:

$$K = (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^{\Delta n}$$

با توجه به توضیحات داده شده، یکای ثابت تعادل واکنش $3H_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ معادل با mol^{-2} است. این در حالی است که یکای ثابت تعادل واکنش $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ معادل با $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ می‌شود.

گروه آموزشی ماز

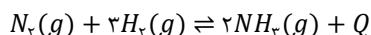
۶- کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

- ۱) در فرایند هابر، افزایش دما موجب کاهش زمان رسیدن به تعادل و کاهش بازدهی می‌شود.
- ۲) در فرایند هابر، افزایش فشار موجب کاهش زمان رسیدن به تعادل و افزایش بازدهی می‌شود.
- ۳) یکی از راه‌های افزایش بازدهی در فرایند هابر، خارج کردن تدریجی آمونیاک از ظرف انجام واکنش است.
- ۴) اگر مخلوط گازی فرایند هابر را در هنگام تعادل وارد یک ظرف با حجم بزرگ‌تر کنیم، بازده واکنش افزایش می‌یابد.

(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

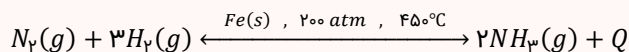
واکنش فرایند هابر به صورت زیر است:



در این واکنش، تعداد مول‌های گازی در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فرآورده‌ها بوده و در صورت افزایش حجم ظرف واکنش، تعادل به سمت تولید مقدار (مول) گاز بیشتر یعنی به سمت واکنش‌دهنده‌ها، جابه‌جا می‌شود. پس با ریختن مخلوط گازی در ظرف بزرگ‌تر، واکنش به سمت واکنش‌دهنده‌ها برگشته و بازده واکنش کاهش خواهد یافت.

هابر

فرایند هابر روشی برای تولید آمونیاک از عناصر سازنده با استفاده از واکنش تعادلی زیر است:



این واکنش به علت انرژی فعال‌سازی زیاد، سرعت انجام کمی داشته و برای انجام این واکنش باید دما را بالا برد، اما با توجه به گرماده بودن واکنش، افزایش دما موجب کاهش پیشرفت واکنش و برگشت تعادل به سمت واکنش‌دهنده‌ها می‌شود؛ پس دمای واکنش را نمی‌توان بسیار بالا برد. به این منظور هابر از سه راهکار برای تولید به صرفه‌تر آمونیاک استفاده کرد:

- ۱- اضافه کردن کاتالیزگر: با اضافه شدن فلز آهن به محیط واکنش، مقدار E_a واکنش کاهش یافته و سرعت واکنش افزایش می‌یابد. توجه داریم که کاتالیزگر، هیچ تأثیری روی مقدار ثابت تعادل و درصد پیشرفت آن ندارد.
 - ۲- افزایش فشار گازها: در این فرایند، فشار را افزایش می‌دهند. با توجه به شمار مولکول‌های گازی کمتر در سمت فرآورده، افزایش فشار موجب رفتن تعادل به سمت واکنش رفت و افزایش پیشرفت واکنش در جهت تولید آمونیاک می‌شود. همچنین افزایش فشار سرعت انجام این واکنش گازی را افزایش خواهد داد.
 - ۳- خارج کردن آمونیاک از ظرف: پس از رسیدن به تعادل، مخلوط تعادلی از ظرف واکنش خارج و تا دمای $-40^\circ C$ سرد می‌شود. با توجه به نقطه جوش بیشتر آمونیاک نسبت به واکنش‌دهنده‌ها، آمونیاک زودتر از دو ماده دیگر به حالت مایع درآمده و از مخلوط جدا می‌شود. همچنین گاز باقی‌مانده که شامل گاز نیتروژن و هیدروژن است، مجدداً به ظرف بازگردانده می‌شود.
- با توجه به توضیحات داده شده، شرایط بهینه تولید آمونیاک در فرایند هابر معادل با دمای $450^\circ C$ ، فشار ۲۰۰ اتمسفر و حضور فلز آهن به‌عنوان کاتالیزگر است. در این شرایط نیز پیشرفت واکنش کمتر از ۵۰ درصد بوده (به تقریب ۴۴ درصد) و درصد حجمی آمونیاک در مخلوط گازی تعادل ۲۸ درصد است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- ۱) فرایند هابر در جهت رفت گرماده است. با افزایش دمای یک تعادل، تعادل به سمت انجام واکنش گرماگیر جابه‌جا می‌شود. پس در فرایند هابر با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت پیش می‌رود و بازده واکنش کاهش می‌یابد. از طرفی افزایش دما، سرعت انجام واکنش‌ها را چه گرماده و چه گرماگیر افزایش می‌دهد. پس افزایش دما زمان رسیدن به تعادل را کاهش می‌دهد. چون از روش‌های دیگر می‌توان بازدهی فرایند هابر را افزایش داد، افزایش دما به منظور افزایش سرعت واکنش استفاده می‌شود، هر چند با کاهش بازدهی همراه باشد.
- ۲) با افزایش فشار در واکنش‌های گازی، سرعت انجام واکنش افزایش می‌یابد و اگر آن واکنش تعادلی باشد، موجب رسیدن زودتر به تعادل می‌شود. همچنین در تعادل‌هایی که مجموع ضریب مواد گازی در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از سمت فرآورده‌ها است، با افزایش فشار تعادل به سمت تولید فرآورده (مقدار گاز کمتر) پیش خواهد رفت. پس در این تعادل با افزایش فشار، تعادل به سمت تولید گاز آمونیاک بیشتر پیش خواهد رفت و بازدهی افزایش می‌یابد. در واقع با این اتفاق، سرعت واکنش رفت بیشتر از سرعت واکنش برگشت افزایش خواهد یافت.
- ۳) با خارج کردن یک ماده از تعادل، واکنش به سمت تولید آن ماده پیش می‌رود، پس با خارج کردن فرآورده از ظرف واکنش، فرایند به سمت تولید فرآورده بیشتر پیش می‌رود و بازدهی واکنش افزایش می‌یابد. از این نکته در فرایند هابر نیز استفاده می‌شود. در این فرایند، پس از رسیدن به تعادل با کاهش دمای ظرف واکنش تا پایین‌تر از نقطه جوش آمونیاک، این ماده را به صورت مایع از ظرف واکنش خارج می‌کنند.



- ۷- ثابت تعادل $4B(g) + A(g) \rightleftharpoons 4C(g)$ در دمای مشخص، برابر $1 \times 10^{-8} L \cdot mol^{-1}$ است. اگر در ظرف یک لیتری، ۴ مول A و ۲ مول B قرار دهیم، در حالت تعادل به تقریب چند میلی مول ماده C در ظرف واکنش وجود دارد؟ ($\sqrt{2} = 1/4$)
- ۲۸۰ (۱) ۲۸ (۲) ۷ (۳) ۷۰ (۴)

(آسان - مسئله - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

معادله واکنش تعادلی مورد نظر به صورت زیر است:



پس رابطه ثابت تعادل آن نیز به صورت زیر است:

$$K = \frac{[C]^4}{[B]^4 \times [A]}$$

با توجه به حجم یک لیتری ظرف واکنش، مقدار مول هر ماده با غلظت مولی آن ماده در این تعادل برابر است. ثابت تعادل این واکنش بسیار کم بوده و چون تعادل مورد نظر درصد پیشرفت خیلی خیلی کمی دارد، می توان از تغییرات غلظت مواد واکنش دهنده طی مراحل برقراری تعادل چشم پوشی کرد. در این حالت، غلظت اولیه مواد واکنش دهنده را برابر با غلظت تعادلی این مواد در نظر می گیریم. بر این اساس، می توان گفت غلظت دو ماده A و B در حالت تعادل به ترتیب برابر ۴ و ۲ مولار است. بر این اساس، غلظت C را حساب می کنیم:

$$K = \frac{[C]^4}{[B]^4 \times [A]} = \left(\frac{[C]}{[B]}\right)^4 \times \frac{1}{[A]} \xrightarrow{\text{جایگذاری غلظت مواد}} 10^{-8} = \left(\frac{[C]}{2}\right)^4 \times \frac{1}{4} \Rightarrow \left(\frac{[C]}{2}\right)^4 = 4 \times 10^{-8} \Rightarrow$$

$$\frac{[C]}{2} = \sqrt[4]{4 \times 10^{-8}} \times 10^{-2} \Rightarrow \frac{[C]}{2} = \sqrt{2} \times 10^{-2} \Rightarrow [C] = 2\sqrt{2} \times 10^{-2} = 0.28 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

پس غلظت فرآورده برابر با ۰/۰۲۸ مول بر لیتر است. با توجه به حجم یک لیتری ظرف واکنش، غلظت و مقدار مول هر ماده با هم برابر هستند، پس مقدار این ماده در ظرف واکنش به تقریب برابر با ۲۸ میلی مول است.

گروه آموزشی ماز

- ۸- کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

- در شرایط یکسان، سرعت انجام یک واکنش گرماده، بیشتر از سرعت واکنش برگشت همین فرایند است.
- با افزایش انرژی فعال سازی یک واکنش شیمیایی، احتمال شروع شدن خودبه خودی آن افزایش خواهد یافت.
- برای انجام یک واکنش گرماده، همانند واکنش های گرماگیر، باید انرژی فعال سازی به واکنش دهنده داده شود.
- اگر در یک واکنش، مقدار قدر مطلق تغییر آنتالپی بیشتر از انرژی فعال سازی باشد، آن واکنش به یقین گرماده است.

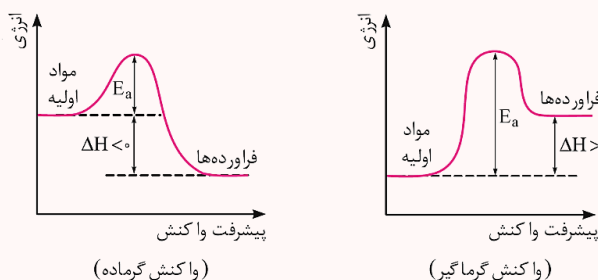
(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

انرژی فعال سازی، معادل با حداقل انرژی لازم برای آغاز واکنش شیمیایی است و برای انجام یک واکنش، باید این مقدار انرژی به واکنش دهنده ها داده شود. هر چه مقدار این انرژی بیشتر باشد، تأمین آن سخت تر بوده و احتمال انجام آن واکنش شیمیایی در شرایط یکسان کمتر می شود. به عنوان مثال، یک نمونه از فسفر سفید برخلاف گاز هیدروژن، با گاز اکسیژن موجود در هوا به صورت خودبه خودی واکنش داده و می سوزد، زیرا انرژی فعال سازی واکنش سوختن فسفر سفید کمتر از انرژی فعال سازی واکنش سوختن گاز هیدروژن است.

انرژی فعال سازی

انرژی فعال سازی معادل انرژی لازم برای آغاز واکنش شیمیایی است. به هنگام انجام واکنش های شیمیایی ابتدا سطح انرژی مواد باید به اندازه ای افزایش یابد تا مواد فعال شوند. در این حالت مواد بیشترین سطح انرژی را دارند؛ پس از آن سطح انرژی مواد کاهش می یابد. در این حالت افزایش انرژی که در ابتدای واکنش ایجاد می شود، معادل انرژی فعال سازی بوده و تفاوت انرژی داده شده در ابتدای واکنش و کاهش سطح انرژی ایجاد شده به دنبال آن، معادل آنتالپی واکنش است. این تغییر سطح انرژی هم در واکنش های گرماده و هم در واکنش های گرماگیر انجام می شود.



همانطور که در نمودارها مشخص است، مقدار انرژی فعال سازی و آنتالپی واکنش را به صورت زیر می توان محاسبه کرد:

$$E_a = \text{تفاوت سطح انرژی واکنش دهنده ها و بیشترین سطح انرژی مواد}$$

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

توجه داریم که انرژی فعال سازی معیار مناسبی برای مقایسه سرعت واکنش ها است. هر چه انرژی فعال سازی کمتر باشد، سرعت واکنش بیشتر خواهد بود.



بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ به انرژی فعال سازی واکنش برگشت در یک فرایند شیمیایی، انرژی فعال سازی برگشت گفته شده و این مقدار با نماد $E_{a\text{ برگشت}}$ نشان داده می شود. رابطه زیر میان آنتالپی واکنش و انرژی فعال سازی وجود دارد:

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

با توجه به منفی بودن آنتالپی در یک واکنش گرماده، می توان گفت $E_{a\text{ برگشت}} < E_{a\text{ رفت}}$ است. در میان دو واکنش در شرایط یکسان، هر چه انرژی فعال سازی بیشتر باشد، سرعت انجام واکنش کمتر است. پس در این شرایط، سرعت واکنش گرماده بیشتر از سرعت واکنش برگشت آن خواهد بود.

۳ تأمین انرژی فعال سازی یک واکنش شیمیایی، شرط لازم برای انجام شدن آن واکنش است و اگر این انرژی تأمین نشود، واکنش انجام نخواهد شد. چه واکنش گرماده باشد و چه گرماگیر، آن واکنش برای آغاز شدن به انرژی فعال سازی نیاز دارد.

۴ گرمای مبادله شده در یک واکنش، معادل آنتالپی واکنش است. در واکنش های گرماگیر، مقدار E_a همواره از مقدار ΔH بیشتر است. در این رابطه، داریم:

$$\Delta H = E_{a\text{ رفت}} - E_{a\text{ برگشت}} \Rightarrow E_{a\text{ رفت}} = \Delta H + E_{a\text{ برگشت}}$$

علت این پدیده آن است که در واکنش های گرماگیر، $E_{a\text{ رفت}}$ از جمع دو عدد مثبت در معادله بالا به دست می آید که یکی از این اعداد ΔH است. این در حالی است که در واکنش های گرماده، مقدار $|\Delta H|$ می توان کوچک تر، برابر یا بزرگ تر از E_a باشد. پس اگر در واکنشی مقدار گرمای مبادله شده (مقدار قدر مطلق تغییر آنتالپی) از مقدار انرژی فعال سازی بیشتر باشد، آن واکنش قطعاً گرماده است.

گروه آموزشی ماز

۹- در واکنش تعادلی $CaO(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons CaCO_3(s)$ ، با دو برابر کردن حجم ظرف، درصد پیشرفت واکنش می یابد و مقدار گاز کربن دی اکسید درون ظرف واکنش، می شود.

- (۱) افزایش - دو برابر (۲) کاهش - نصف (۳) کاهش - دو برابر (۴) افزایش - نصف

(آسان - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

مطابق اصل لوشاتلیه، به هنگام ایجاد تغییر در یک واکنش تعادلی، آن تعادل به سمتی جابه جا می شوند که تا حد امکان از تأثیر آن تغییر کم کند. هر چند که در اکثر مواقع، جابه جایی تعادل نمی تواند اثر تغییر ایجاد شده را به طور کامل جبران کند، اما اگر ثابت تعادل یک واکنش تنها به غلظت یک ماده بستگی داشته باشد، جابه جایی در این تعادل به گونه ای انجام می شود، تا اثر تغییر ایجاد شده به طور کامل جبران شود. در این حالت، غلظت آن ماده دوباره به مقدار اولیه خود می رسد. برای مثال، در تعادل $CaO(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons CaCO_3(s)$ ، مقدار ثابت تعادل برابر با $\frac{1}{[CO_2]}$ است. بر این اساس، می توان گفت هر تغییری در غلظت کربن دی اکسید ایجاد شود، تعادل را به سمت جبران شدن آن تغییر می برد و غلظت کربن دی اکسید مجدداً به همان مقدار اولیه می رسد.

درصد پیشرفت

ثابت تعادل هر واکنش، معیاری برای سنجش میزان پیشرفت آن واکنش است. در واقع، درصد پیشرفت هر واکنش به ما نشان می دهد که از ابتدای واکنش تا لحظه برقراری تعادل، چند درصد از واکنش دهنده های وارد شده به ظرف، به فرآورده تبدیل می شوند. برای محاسبه درصد پیشرفت واکنش های شیمیایی، از رابطه زیر کمک می گیریم:

$$\text{درصد پیشرفت} = \frac{\text{مقدار مصرف شده از واکنش دهنده}}{\text{مقدار اولیه یک واکنش دهنده}} \times 100$$

اگر حجم ظرف این واکنش را ۲ برابر کنیم، در ابتدا غلظت کربن دی اکسید نصف شده و به دنبال آن واکنش به سمت واکنش دهنده ها می رود تا با تولید کربن دی اکسید بیشتر، غلظت این گاز را به مقدار اولیه بازگرداند. غلظت کربن دی اکسید در دو تعادل برابر و حجم ظرف دو برابر شده است؛ پس مقدار گاز کربن دی اکسید نیز دو برابر شده است. همچنین با توجه به جابه جایی تعادل به سمت واکنش دهنده ها، مقدار درصد پیشرفت واکنش (مقدار واکنش دهنده ای که به فرآورده تبدیل می شود) کاهش می یابد.

گروه آموزشی ماز

۱۰- چند مورد از مطالب زیر درباره واکنش مربوط به حذف اکسیدهای نیتروژن در مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی درست است؟

- الف: در این واکنش، عدد اکسایش برخی اتم ها ۲ واحد و برخی اتم ها ۴ واحد تغییر می کند.
ب: در این واکنش، دو ماده در حضور یک ترکیب اکسنده، اکسایش می یابند.
پ: به ازای مصرف دو مول ماده اکسنده، دو مول کاهنده مصرف می شود.
ت: با انجام این واکنش، حجم گازهای خروجی از اگزوز افزایش می یابد.

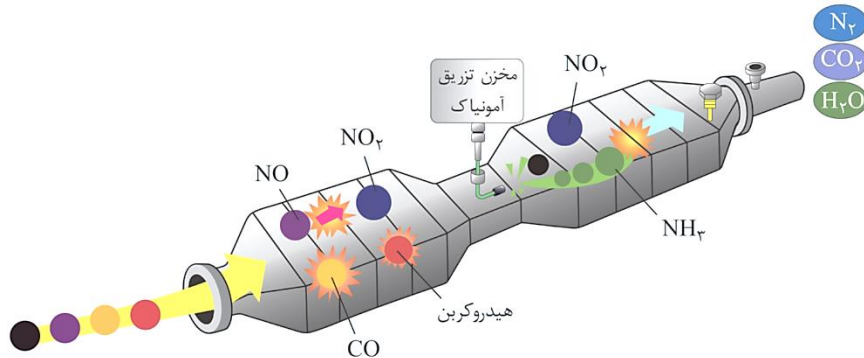
- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴



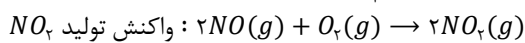
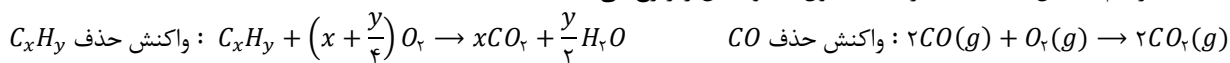
(سخت - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

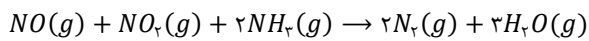
مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی برای خودروهای دیزلی مناسب نبوده و این خودروها باید از مبدل کاتالیستی مخصوص خود استفاده کنند. تصویر زیر، نمای از مبدل استفاده شده در این خودروها را نشان می‌دهد:



این مبدل از دو فضای جدا از هم تشکیل شده است. در محفظه اول سه واکنش زیر رخ می‌دهد:



حال با ورود اکسیدهای نیتروژن از محفظه اول و آمونیاک از مخزن به درون محفظه دوم، واکنش مهم بعدی رخ خواهد داد. این واکنش، معادل با واکنش حذف اکسیدهای نیتروژن بوده و معادله آن به صورت زیر است:



در واقع تفاوت مبدل کاتالیستی در خودروهای بنزینی و دیزلی، انجام این واکنش است. در رابطه با این مبدل، عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: در این واکنش، تنها عدد اکسایش نیتروژن تغییر می‌کند. طی این فرایند، عدد اکسایش همه اتم‌های نیتروژن در نهایت به عدد صفر در گاز نیتروژن (N_2) می‌رسد. عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن موجود در NO و NO_2 به ترتیب ۲ و ۴ واحد کاهش می‌یابد و عدد اکسایش اتم نیتروژن موجود در NH_3 نیز ۳ واحد افزایش می‌یابد.

«ب»: در این واکنش، گاز آمونیاک کاهنده و اکسیدهای نیتروژن نقش اکسنده را دارند. پس در این واکنش شیمیایی، دو گاز در حضور یک کاهنده، کاهش می‌یابند و تنها همان کاهنده در این واکنش اکسایش می‌یابد.

«پ»: در این واکنش با مصرف یک مول از هر ماده اکسنده (گازهای NO و NO_2) و در مجموع دو مول اکسنده، دو مول کاهنده (گاز NH_3) مصرف می‌شود.

«ت»: در این واکنش، با مصرف ۲ مول اکسید نیتروژن وارد شده به محفظه دوم مبدل، مقدار ۵ مول گاز تولید و از آگروز خارج می‌شود. در نظر داریم که آمونیاک موجود در این واکنش، در گاز خارج شده از محفظه اول وجود نداشته و در محفظه دوم مبدل کاتالیستی به مخلوط گازی اضافه می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۱۱- با توجه به معادله واکنش انحلال آمونیوم نیترات در آب که به صورت $Q + NH_4NO_3(s) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$ است، با انحلال این نمک در آب، دمای محلول یافته و با دما، غلظت یون آمونیوم در محلول کاهش می‌یابد.

- (۱) کاهش - کاهش (۲) کاهش - افزایش (۳) افزایش - کاهش (۴) افزایش - افزایش

(آسان - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

واکنش انحلال آمونیوم نیترات در آب، گرماگیر بوده و با حل شدن این ماده در آب، گرما مصرف شده و دمای آب کاهش می‌یابد. به همین علت، از این واکنش برای تولید بسته‌های سرمازا برای ورزشکاران استفاده می‌شود. پس معادله این تعادل به صورت زیر است:



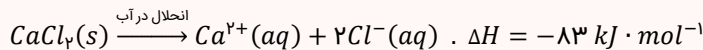
این معادله در جهت برگشت گرماده است و با کاهش دما، این فرایند به جهت برگشت می‌رود که موجب مصرف یون‌ها و کاهش غلظت آن‌ها در محلول مورد نظر می‌شود. توجه داریم که در یک تعادل، با افزایش دما، واکنش در جهت انجام مصرف گرما یا همان انجام واکنش گرماگیر پیش می‌رود. این در حالی است که در یک تعادل، با کاهش دما، واکنش در جهت تولید گرما یا همان انجام واکنش گرماده پیش می‌رود.

بسته‌های سرمازا و گرمازا

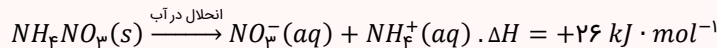
پس از ریختن ترکیب‌های یونی در آب، یون‌های سازنده این مواد از یکدیگر جدا شده و در میان مولکول‌های آب پخش می‌شوند. فرایند حل شدن برخی از انواع ترکیب‌های یونی در آب با آزاد شدن گرما و فرایند حل شدن برخی از انواع ترکیب‌های یونی در آب با جذب گرما همراه است. از فرایند انحلال این ترکیب‌های یونی در آب، برای تولید انواع بسته‌های سرمازا و گرمازا استفاده می‌شود. در این بسته‌ها مقداری از یک ترکیب یونی که در یک کپسول قرار داده شده است در مجاورت با مقداری آب قرار داده شده است. با فشار دادن کپسول موجود در این بسته‌ها، ترکیب یونی در آب حل شده و پس از مبادله انرژی با محیط، با توجه به نوع ترکیب یونی، سرما یا



گرما تولید می‌شود. ورزشکاران برای درمان آسیب‌دیدگی‌های خود از این بسته‌ها استفاده می‌کنند. کلسیم کلرید بر اساس معادله مقابل در آب حل می‌شود:



همانطور که مشخص است، این ترکیب طی یک فرایند گرماده در آب حل می‌شود. از این ترکیب یونی برای تولید بسته‌های گرمازا استفاده می‌شود. آمونیوم نیترات بر اساس معادله مقابل در آب حل می‌شود:



همانطور که مشخص است، این ترکیب طی یک فرایند گرماگیر در آب حل می‌شود. از این ترکیب یونی برای تولید بسته‌های سرمازا استفاده می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۱۲- کدام یک از مطالب زیر در مورد تعادل $H_2(g) + I_2(s) + Q \rightleftharpoons 2HI(g)$ درست هستند؟

الف: کاهش حجم ظرف واکنش، موجب افزایش غلظت گاز هیدروژن بدید در تعادل جدید نسبت به تعادل قبلی می‌شود.

ب: کاهش فشار، موجب جابه‌جایی تعادل به سمت واکنش‌دهنده‌ها و در نتیجه افزایش ثابت تعادل می‌گردد.

پ: خارج کردن بخشی از ید جامد از ظرف واکنش موجب جابه‌جایی تعادل به سمت واکنش‌دهنده‌ها می‌شود.

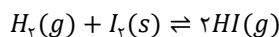
ت: کاهش دمای ظرف تعادل، موجب کاهش درصد جرمی گاز هیدروژن بدید در تعادل جدید می‌شود.

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

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

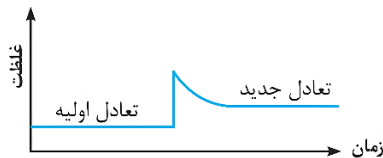
معادله تعادل مورد نظر به صورت زیر است:



علامت گرما در این واکنش در سمت واکنش‌دهنده‌ها بوده و این واکنش گرماگیر است. توجه داریم که این معادله در کتاب درسی آمده و گرماگیر بودن آن را در خاطر داشته باشید. همچنین در نظر داشته باشید که اگر در این واکنش به جای ید جامد، ید گازی قرار گیرد، واکنش گرماده خواهد شد. در رابطه با این تعادل، عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: با کاهش حجم ظرف در این تعادل، واکنش به سمت شمار مول‌های گازی کمتر، یعنی در جهت برگشت پیش می‌رود. با این تغییر، ابتدا غلظت HI افزایش می‌یابد و مطابق اصل لوشاتلیه واکنش در جهت کاهش این تغییر پیش خواهد رفت؛ اما این تغییر به‌طور کامل جبران نشده و غلظت HI در تعادل جدید همچنان بیشتر از غلظت این گاز در تعادل اولیه خواهد بود. نمودار زیر، روند تغییر این گاز را در طول زمان نشان می‌دهد:



«ب»: کاهش فشار در تعادل، موجب جابه‌جا شدن واکنش به سمت تولید گاز بیشتر می‌شود. پس در این واکنش، با کاهش فشار سامانه، واکنش در جهت رفت یا همان فراورده پیش می‌رود. توجه داریم که این تغییر، تأثیری بر مقدار ثابت تعادل ندارد. به‌طور کلی تنها تغییری که موجب تغییر ثابت تعادل می‌شود، کاهش یا افزایش دما است و بقیه تغییرات تأثیری بر مقدار ثابت تعادل واکنش ندارند.

«پ»: جابه‌جایی تعادل واکنش‌ها تنها به غلظت گازها و مواد محلول بستگی دارد و مواد خالص جامد و مایع بر آن اثری ندارند. بر این اساس، می‌توان گفت تغییر مقدار مواد جامد و مایع بر تعادل‌ها اثر ندارند و برداشتن ید جامد در این واکنش، موجب جابه‌جایی تعادل نخواهد شد.

«ت»: این تعادل گرماگیر بوده و کاهش دما، تعادل را به سمت واکنش برگشت (واکنش گرماده و تولید گرما) جابه‌جا می‌کند که موجب کاهش مقدار گاز HI و در نتیجه درصد جرمی آن در مخلوط گازی تعادل می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۱۳- اگر در یک تعادل گازی، با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شود، در واکنش جهت، واکنش‌دهنده‌ها نسبت به فراورده‌ها بیشتری دارند.

(۱) رفت - پایداری

(۲) برگشت - آنتالپی

(۳) برگشت - مجموع آنتالپی پیوند

(۴) رفت - مجموع آنتالپی سوختن

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

یکی از عوامل مؤثر بر جابه‌جایی تعادل‌های شیمیایی، تغییر دمای سامانه واکنش است. توجه داریم که تغییر دما، تنها عاملی است که با تغییر ثابت تعادل، موجب جابه‌جایی تعادل می‌شود. افزایش دما موجب جابه‌جا شدن یک تعادل به سمت مصرف گرما و کاهش دما موجب جابه‌جا شدن تعادل به سمت تولید گرما می‌شود. پس افزایش دما موجب پیشرفت تعادل به سمت انجام واکنش گرماگیر و کاهش دما موجب پیشرفت تعادل به سمت انجام واکنش گرماده می‌شود. با توجه به توضیحات داده شده، اگر در یک تعادل، افزایش دما موجب جابه‌جایی تعادل به سمت واکنش برگشت شود، واکنش در جهت برگشت گرماگیر و در نتیجه در جهت رفت گرماده است. در چنین واکنشی، نماد Q در سمت فراورده‌ها قرار می‌گیرد.



جدول زیر، اطلاعاتی را در مورد واکنش‌های گرماده و گرماگیر نشان می‌دهد:

وضعیت گرما	واکنش‌های گرماگیر جذب گرما	واکنش‌های گرماده آزاد کردن گرما
جهت قرارگیری نماد گرما	$A + Q \rightarrow B$ گرما	$A \rightarrow B + Q$ گرما
علامت گرما (Q)	$Q > 0$	$Q < 0$
علامت آنتالپی (ΔH)	$\Delta H > 0$	$\Delta H < 0$
سطح انرژی	واکنش‌دهنده‌ها > فراورده‌ها	واکنش‌دهنده‌ها < فراورده‌ها
پایداری	واکنش‌دهنده‌ها < فراورده‌ها	واکنش‌دهنده‌ها > فراورده‌ها
فعالیت شیمیایی	واکنش‌دهنده‌ها > فراورده‌ها	واکنش‌دهنده‌ها < فراورده‌ها
مجموع آنتالپی پیوند	واکنش‌دهنده‌ها < فراورده‌ها	واکنش‌دهنده‌ها > فراورده‌ها
مجموع آنتالپی سوختن	واکنش‌دهنده‌ها < فراورده‌ها	واکنش‌دهنده‌ها > فراورده‌ها
دمای محیط	کاهش	افزایش

واکنش مورد نظر، در جهت برگشت گرماگیر است. در یک واکنش گرماگیر، مجموع آنتالپی پیوند در واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از فراورده‌ها است.

گروه آموزشی‌ماز

۱۴- در هوای معدن گرافیت، تعادل $C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$ ، $K = 4 \times 10^{-7} mol.L^{-1}$ ، اگر حداکثر غلظت مجاز کربن مونوکسید 10^{-5} مولار باشد، حداکثر غلظت کربن دی‌اکسید در هوای این معدن چند ppm باشد تا مقدار کربن مونوکسید در محدوده مجاز باشد؟ (چگالی هوا برابر $1/25$ گرم بر لیتر است. $C = 12, O = 16 : g.mol^{-1}$)

۲۲۰۰ (۴)

۲۲۰ (۳)

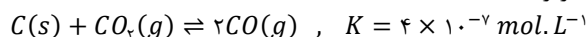
۸۸۰۰ (۲)

۸۸۰ (۱)

(متوسط - مسئله - ۱۳۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

معادله تعادل برقرار شده در این معدن به صورت زیر است:



اکسیدهای کربن، تنها مواد گازی شرکت‌کننده در این تعادل شیمیایی هستند. رابطه ثابت تعادل این واکنش به صورت زیر است:

$$K = \frac{[CO]^2}{[CO_2]}$$

بر این اساس، غلظت کربن دی‌اکسید را در تعادلی که غلظت کربن مونوکسید در آن در حداکثر مقدار خود است، حساب می‌کنیم:

$$4 \times 10^{-7} = \frac{(10^{-5})^2}{[CO_2]} \Rightarrow [CO_2] = \frac{10^{-10}}{4 \times 10^{-7}} = 2/5 \times 10^{-4} mol.L^{-1}$$

غلظت مولی

رابطه میان غلظت مولی، درصد جرمی و ppm به صورت زیر است:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{چگالی} \times \text{ppm}}{1000 \times \text{جرم مولی}}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{چگالی} \times \text{درصد جرمی} \times 10}{\text{جرم مولی}}$$

$$ppm = 10000 \times \text{درصد جرمی}$$

توجه داریم که مقدار چگالی در دو فرمول بالا باید بر حسب واحد گرم بر میلی‌لیتر یا کیلوگرم بر لیتر باشد.

حال مقدار غلظت ppm کربن دی‌اکسید را به دست می‌آوریم:

$$M = \frac{\text{چگالی} \times \text{ppm}}{1000 \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow 2/5 \times 10^{-4} = \frac{\text{ppm} \times 1/25 \times 10^{-3}}{1000 \times 44} \Rightarrow \text{ppm} = \frac{2/5 \times 10^{-4} \times 1000 \times 44}{1/25 \times 10^{-3}} = 8800 \text{ ppm}$$

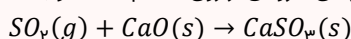
پس غلظت کربن دی‌اکسید باید در هوای معدن حداکثر ۸۸۰۰ ppm باشد تا غلظت کربن مونوکسید از مقدار حداکثر مجاز بیشتر نباشد. مشخص است که اگر غلظت کربن دی‌اکسید بیشتر از این مقدار باشد، تعادل به سمت تولید کربن مونوکسید جابه‌جا می‌شود و غلظت این گاز از حد مجاز بیشتر می‌شود.

زغال سنگ

چون بر اثر سوختن زغال‌سنگ آلاینده‌های متنوع‌تر و بیشتری تولید می‌شود، در صورت جایگزینی نفت با زغال‌سنگ، مقدار بیشتری از انواع آلاینده‌ها به هوا کره وارد شده و این امر، باعث تشدید اثر گلخانه‌ای می‌شود. علاوه بر این، آلاینده‌های مورد نظر منجر به تولید باران‌های اسیدی شده و به محیط زیست آسیب می‌رسانند. مشکل دیگر زغال‌سنگ، شرایط دشوار استخراج آن است؛ به طوری که در صد سال اخیر، بیش از ۵۰۰۰۰۰ نفر در سطح جهان بر اثر انفجار یا فروریختن معدن جان خود را از دست داده‌اند. این انفجارها اغلب به دلیل تجمع گاز متان (CH_4) آزاد شده از زغال سنگ در معدن رخ می‌دهد. برای کاهش آلاینده‌گی زغال‌سنگ، از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

✓ شست‌وشوی زغال سنگ به منظور حذف گوگرد و ناخالصی‌های دیگر از آن.

✓ به دام انداختن گاز SO_2 خارج شده از نیروگاه‌ها با عبور گازهای خروجی از روی کلسیم اکسید و با استفاده از واکنش زیر:





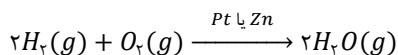
۱۵- کدام یک از مطالب زیر در مورد واکنش میان گاز اکسیژن و هیدروژن نادرست است؟

- ۱) پودر روی نسبت به توری پلاتینی، بر انرژی فعال سازی این واکنش تأثیر کمتری دارد.
- ۲) اگر در این واکنش به جای بخار آب، آب مایع تولید شود، گرمای آزاد شده افزایش می یابد.
- ۳) شیب نمودار غلظت-زمان گاز اکسیژن در زمان استفاده از پودر روی نسبت به جرقه زدن، تندتر است.
- ۴) این واکنش همانند واکنش میان گاز نیتروژن و هیدروژن، بدون حضور کاتالیزگر در دمای اتاق انجام نمی شود.

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

گاز هیدروژن و اکسیژن در دما و شرایط اتاق با یکدیگر واکنش نمی دهند، زیرا انرژی فعال سازی واکنش سوختن هیدروژن زیاد بوده و این مقدار انرژی باید برای آغاز شدن واکنش مورد نظر تأمین شود. برای غلبه بر سد انرژی فعال سازی واکنش مورد نظر، دو راه کار وجود دارد. یا این انرژی فعال سازی باید توسط جرقه تأمین شود و یا باید از کاتالیزگر برای کاهش این انرژی استفاده شود. در هر دو روش، واکنش با سرعت بالایی انجام می شود. معادله واکنش به صورت زیر است:



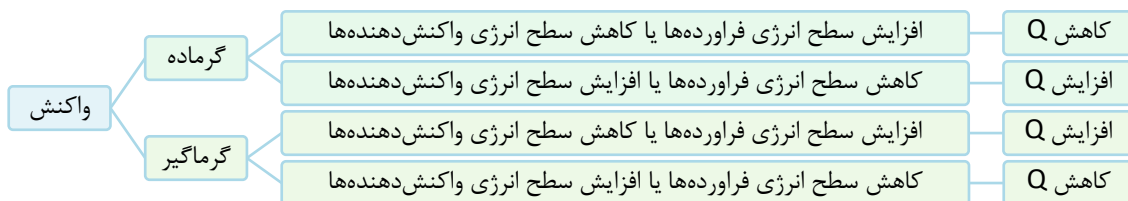
شیب نمودار غلظت-زمان یا شیب نمودار مول-زمان برای یک ماده، برابر سرعت مصرف یا تولید آن ماده در واکنش است. شیب این نمودارها برای واکنش دهنده‌ها منفی و برای فراورده‌ها مثبت است. در زمان استفاده از پودر روی، واکنش سریع و در زمان جرقه زدن، واکنش به صورت انفجاری رخ می دهد. پس در زمان جرقه زدن نسبت به زمان استفاده از کاتالیزگر روی، شیب نمودار اکسیژن تندتر و منفی تر است. جدول زیر، شرایط واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن با یکدیگر در دما و فشار اتاق را نشان می دهد:

آزمایش	شرایط آزمایش	سرعت واکنش	ΔH واکنش
۱	بدون حضور کاتالیزگر	ناچیز	-۵۷۲ KJ
۲	ایجاد جرقه در مخلوط	انفجاری	-۵۷۲ KJ
۳	در حضور پودر روی	سریع	-۵۷۲ KJ
۴	در حضور توری پلاتینی	انفجاری	-۵۷۲ KJ

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) سرعت واکنش مورد نظر در زمان استفاده از توری پلاتینی (کاتالیزگر) یا ایجاد جرقه به صورت انفجاری و در صورت استفاده از پودر روی (کاتالیزگر دیگر) سریع خواهد بود. پس در این واکنش توری پلاتینی نسبت به پودر روی مقدار انرژی فعال سازی را بیشتر کاهش می دهد و به همین علت سرعت واکنش را بیشتر افزایش خواهد داد.

۲) در یک واکنش شیمیایی با کاهش سطح انرژی واکنش دهنده یا افزایش سطح انرژی فراورده‌ها، آنتالپی واکنش مثبت تر می شود. همچنین با افزایش سطح انرژی واکنش دهنده‌ها یا کاهش سطح انرژی فراورده‌ها، آنتالپی واکنش منفی تر می شود. در این واکنش نیز با تغییر حالت آب از گاز به مایع، سطح انرژی فراورده کاهش و آنتالپی واکنش منفی تر می شود. چون خود آنتالپی واکنش منفی بوده است، با منفی تر شدن، گرمای آزاد شده در واکنش افزایش می یابد. برای بررسی و مقایسه مقدار گرمای مبادله شده (بدون در نظر گرفتن علامت) در یک واکنش شیمیایی، از نمودار زیر نیز می توان استفاده کرد:



۴) انرژی فعال سازی این واکنش همانند واکنش میان گاز نیتروژن و هیدروژن بدون حضور کاتالیزگر بالا بوده و در دمای اتاق انجام نمی شود. در هر دو واکنش، بدون حضور کاتالیزگر، مخلوط واکنش دهنده‌ها بدون تغییر باقی می ماند.

گروه آموزشی ماز

۱۶- کدام یک از مطالب زیر در مورد فرایند تولید متانول از متان به روش غیرمستقیم درست است؟

- ۱) اتم کربن در این فرایند ابتدا اکسایش و سپس کاهش می یابد.
- ۲) این فرایند نسبت به فرایند هابر، در فشار بیشتری انجام می شود.
- ۳) واکنش مرحله دوم نسبت به واکنش مرحله اول در دمای بالاتری انجام می شود.
- ۴) بخشی از گاز قطبی تولید شده در مرحله اول، در واکنش مرحله دوم شرکت نمی کند.



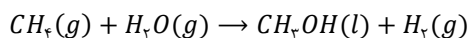
(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

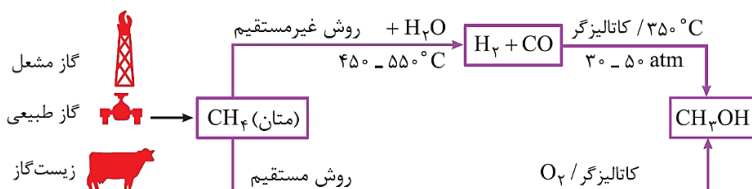
متانول را می‌توان به دو طریق از گاز متان تولید کرد. در روش غیرمستقیم، متان طی دو مرحله به متانول تبدیل می‌شود. معادله این دو مرحله به صورت زیر است:

$$CH_4(g) + H_2O(g) \rightarrow CO(g) + 3H_2(g) \quad CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$$

پس معادله کلی این فرایند به صورت زیر است:

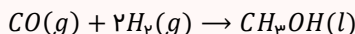


در واکنش مرحله اول، عدد اکسایش کربن از ۴- در متان به ۲+ در کربن مونوکسید می‌رسد و در ادامه در واکنش دوم عدد اکسایش کربن از ۲+ در کربن مونوکسید به ۲- در متانول می‌رسد. پس در این فرایند ابتدا اتم کربن اکسایش و سپس کاهش و در مجموع اکسایش می‌یابد. تصویر زیر، نمایی از این فرایند را نشان می‌دهد:

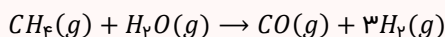


متانول

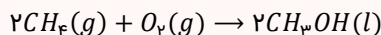
متانول ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است. این ماده، مایعی بی‌رنگ و بی‌بو بوده و بسیار سمی و کشنده می‌باشد. این ماده را می‌توان از چوب تهیه کرد. در صنعت این ماده را از واکنش میان گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن در حضور کاتالیزگر تولید می‌کنند:



کربن مونوکسید و هیدروژن مصرف‌شده در این واکنش را می‌توان از واکنش گاز متان و بخار آب در حضور کاتالیزگر به دست آورد:



دو فرایند بالا در مجموع موجب تولید متانول از گاز متان به شیوه غیرمستقیم خواهد شد. در این فرایند ابتدا واکنشی میان گاز متان و بخار آب در دمای حدوداً ۴۵۰-۵۵۰°C انجام خواهد شد و موجب تولید گازهای CO و H₂ می‌شود. در نهایت این دو گاز در دمای ۳۵۰°C و فشار ۳۰ تا ۵۰ اتمسفر با یکدیگر واکنش می‌دهند و متانول تولید می‌کنند. در این مرحله ۱/۳ گاز هیدروژن تولیدشده در مرحله اول در مرحله دوم مصرف نمی‌شود و به عنوان فرآورده جانبی این روش در نظر گرفته می‌شود. با توجه به هزینه‌بر بودن تأمین شرایط انجام این واکنش‌ها و همچنین تولید گاز CO در این فرایند، شیمی‌دان‌ها در حال پژوهش بر روش تولید متانول از گاز متان به شیوه مستقیم هستند. در این روش با واکنش میان گاز متان و اکسیژن در حضور کاتالیزگر، متانول بدون واسطه تولید می‌شود. معادله این واکنش شیمیایی به صورت زیر است:



منابع تأمین متان در این دو روش، گاز مشعل، گاز طبیعی و زیست‌گاز خواهد بود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- ۲ فشار در این واکنش در محدوده ۳۰ تا ۵۰ اتمسفر است در حالی که فرایند هابر در فشار ۲۰۰ اتمسفر انجام می‌شود.
- ۳ در این روش، واکنش مرحله اول در دمای ۴۵۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود اما واکنش مرحله دوم در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. پس دما در مرحله اول بیشتر است.
- ۴ در این روش، در مرحله اول ۳ مول گاز هیدروژن ناقطبی و یک مول گاز کربن مونوکسید قطبی حاصل می‌شود. در مرحله دوم یک مول گاز کربن مونوکسید با ۲ مول گاز هیدروژن واکنش می‌دهد و بخشی از گاز ناقطبی هیدروژن در مرحله دوم شرکت نمی‌کند و فرآورده جانبی فرایند است.

گروه آموزشی‌ماز

۱۷- کدام موارد از مطالب زیر در مورد فرایند هابر درست هستند؟

الف: در هر دو مرحله واکنش آن، اتم نیتروژن کاهش می‌یابد.

ب: پس از عبور مخلوط گازی از مجاورت فلز آهن، این مخلوط را گرم می‌کنند.

پ: تفاوت دمای محفظه گرم و سرد در دستگاه استفاده شده برای انجام آن، حدود ۶۵۰°C است.

ت: با سرد کردن مخلوط ایجاد شده در حالت تعادل، ابتدا فرآورده این واکنش از مخلوط خارج می‌شود.

(۴) «پ» و «ت»

(۳) «ب» و «پ»

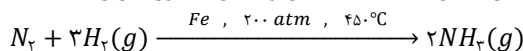
(۲) «الف» و «ت»

(۱) «الف» و «ب»

(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۴)

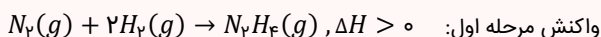
پاسخ: گزینه ۲

فرایند هابر، همان فرایند تولید آمونیاک از عناصر سازنده آن است. معادله این واکنش به صورت زیر است:



فرایند هابر

فرایند هابر که روشی برای تولید گاز آمونیاک از عناصر سازنده بوده از دو واکنش متوالی تشکیل شده است. در این رابطه، داریم:

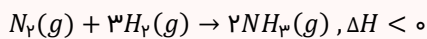




در این مرحله هیدرازین تولید می‌شود. این مرحله گرماگیر بوده و واکنش دهنده‌ها (نیتروژن و هیدروژن) پایدارتر از هیدرازین هستند. با توجه به ناپایداری هیدرازین، این ماده به سرعت با هیدروژن واکنش داده و به همین علت نمی‌توان ΔH این مرحله را به صورت مستقیم حساب کرد.



در این مرحله، گاز هیدرازین طی یک واکنش گرماده با هیدروژن، آمونیاک را تولید می‌کند. به علت گرماده بودن این واکنش، می‌توان گفت آمونیاک نسبت به واکنش دهنده‌ها (هیدروژن و هیدرازین) پایدارتر است.



واکنش کلی:

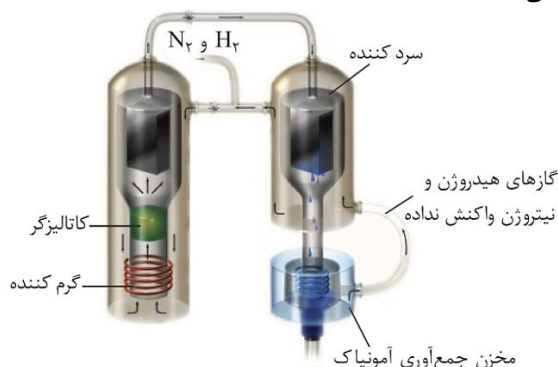
از آن‌جا که مقدار گرمای آزاد شده در واکنش مرحله دوم بیشتر از گرمای مصرف شده در واکنش مرحله اول است، ΔH واکنش کلی منفی می‌شود.

در رابطه با فرایند هابر، عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: عدد اکسایش اتم نیتروژن در گاز نیتروژن، هیدرازین و آمونیاک به ترتیب برابر صفر، ۲- و ۳- است. پس در هر دو واکنش، عدد اکسایش اتم نیتروژن کم شده و این اتم کاهش می‌یابد.

«ب»: شکل زیر روند انجام فرایند هابر را نشان می‌دهد:



در این فرایند، ابتدا مخلوط گازهای هیدروژن و نیتروژن گرم شده و سپس از قطعه حاوی کاتالیزگر که فلز آهن است، عبور می‌کند تا واکنش میان این دو گاز انجام شود. پس از آن مخلوط تعادل ایجاد شده وارد سردکننده می‌شود تا آمونیاک به صورت مایع خارج شود و گازهای نیتروژن و هیدروژن واکنش نداده، دوباره وارد گرم‌کننده می‌شوند.

«پ»: دمای گرم‌کننده همان دمای مناسب انجام واکنش یعنی 450°C بوده و دمای سردکننده نیز دمایی نزدیک به نقطه جوش آمونیاک (-33°C) یعنی حدود -40°C است تا بتواند بدون تغییر حالت نیتروژن و هیدروژن، آمونیاک را به صورت مایع در بیاورد. توجه داریم که اگر تفاوت دمای این دو محفظه 650°C باشد، یعنی دمای سردکننده 200°C است که در این دما نیتروژن نیز به حالت مایع در می‌آید.

«ت»: آمونیاک برخلاف دو گاز دیگر قطبی بوده و پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهد و به همین علت، نقطه جوش بیشتری دارد؛ پس با سرد شدن مخلوطی از گازهای نیتروژن، هیدروژن و آمونیاک، ابتدا آمونیاک که نقطه جوش بیشتری دارد، مایع شده و از مخلوط خارج می‌شود. ترتیب نقطه جوش این سه گاز به صورت $NH_3 > N_2 > H_2$ است.

گروه آموزشی ماز

۱۸- چند مورد از مطالب زیر نادرست است؟

الف: گاز مشعل، گاز طبیعی و زیست‌گاز، از جمله منابع تأمین گاز مرداب هستند.

ب: در کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار، عدد اکسایش همه اتم‌های نیتروژن منفی است.

پ: انرژی فعال‌سازی واکنش فلزهای قلیایی با آب، با افزایش عدد اتمی کاهش می‌یابد.

ت: با افزودن پتاسیم یدید به محلول آب اکسیژنه، سرعت مبادله گرما در این واکنش افزایش می‌یابد.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

تنها عبارت (ب) نادرست است.

بررسی موارد:

«الف»: گاز مرداب، نام دیگر گاز متان است که به علت کشف این گاز در سطح مرداب برای اولین بار، به این نام شناخته می‌شود. گاز مشعل، گاز طبیعی و زیست‌گاز، منابعی برای تأمین این گاز ۵ اتمی هستند.



«ب»: تصویر زیر، روند مبادله گازهای مختلف را بین هواکره و زیست کره نشان می‌دهد:

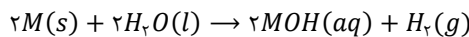


گیاهان نمی‌توانند نیتروژن مورد نیاز خود را به صورت مستقیم از هوا بگیرند و باید این عنصر ضروری را در قالب ترکیباتی مانند اوره و آمونیاک به عنوان کود دریافت کنند. آمونیاک، اوره، آمونیوم نیترات و آمونیوم سولفات، از جمله کودهای شیمیایی مهم هستند. در این بین، آمونیوم نیترات حاوی یون نیترات است که عدد اکسایش نیتروژن در آن مثبت است.

کود شیمیایی

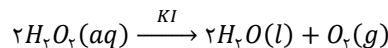
با توجه به روند رو به افزایش جمعیت جهان و محدودیت منابع، تأمین غذای مردم جهان به یکی از چالش‌های زندگی تبدیل شده است. بهترین راه حل برای غلبه بر این چالش، افزایش بهره‌وری در تولید فرآورده‌های کشاورزی است که با شناسایی، تولید و افزودن کودهای شیمیایی مناسب به خاک، می‌تواند محقق شود. یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان برای رشد، نیتروژن است. هر چند که در حدود ۸۰٪ از حجم هوا توسط گاز نیتروژن تشکیل شده است، اما گیاهان نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به طور مستقیم از هوا جذب کنند. به همین خاطر، نیتروژن را باید در قالب ترکیبات نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود. به عنوان مثال، در برخی از کشورها آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی به طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

«پ»: واکنش پذیری فلزهای قلیایی از بالا به پایین و با افزایش عدد اتمی، به علت افزایش شعاع اتمی، زیاد می‌شود. بر همین اساس سرعت واکنش فلزهای قلیایی با آب با افزایش عدد اتمی افزایش می‌یابد. معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



انرژی فعال‌سازی معیار مناسبی برای مقایسه سرعت واکنش‌ها است. هر چه انرژی فعال‌سازی کمتر باشد، سرعت واکنش بیشتر خواهد بود. پس با افزایش عدد اتمی فلزهای قلیایی، انرژی فعال‌سازی این واکنش کاهش می‌یابد.

«ت»: نام تجاری هیدروژن پراکسید، آب اکسیژنه است که واکنش تجزیه گرماده آن به صورت زیر انجام می‌شود:



محلول آب اکسیژنه در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتانسیم یدید (KI) به عنوان کاتالیزگر، سرعت واکنش را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد و موجب آزاد شدن ناگهانی گرما می‌شود. توجه داریم که کاتالیزگر بر مقدار گرمای واکنش اثری ندارد، اما با افزایش سرعت واکنش، آزاد شدن یا مصرف شدن گرما را تسریع می‌کند.

گروه آموزشی ماز

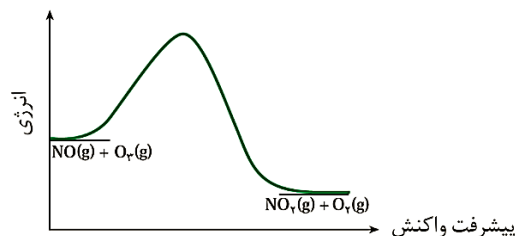
۱۹- در ظرفی، تعادل $O_2(g) + NO(g) \rightleftharpoons O_2(g) + NO_2(g) + Q$ برقرار است، کدام یک از تغییرات زیر موجب تیره‌رنگ تر شدن مخلوط گازهای درون ظرف نمی‌شود؟

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| (۱) خارج کردن گاز اوزون از ظرف واکنش | (۲) اضافه کردن گاز NO به ظرف واکنش |
| (۳) کاهش حجم ظرف واکنش | (۴) کاهش دمای ظرف واکنش |

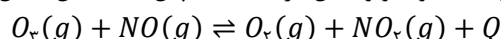
(آسان - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

نمودار انرژی-پیشرفت این واکنش به صورت زیر است:



در این واکنش، سطح انرژی فرآورده کمتر از واکنش‌دهنده بوده و واکنش گرماده است. پس معادله این تعادل را می‌توان به صورت زیر نوشت:



گاز تیره‌رنگ در این معادله گاز NO_2 است که قهوه‌ای رنگ است و رنگ مخلوط به غلظت آن بستگی دارد. با خارج شدن گاز O_2 از ظرف واکنش، تعادل در جهت تولید این گاز یعنی در جهت تولید واکنش‌دهنده‌ها می‌رود. در نتیجه مقدار و غلظت گاز نیتروژن دی‌اکسید در این حالت کاهش می‌یابد و رنگ مخلوط گازی تعادل کم‌رنگ می‌شود.



بررسی سایر گزینه‌ها:

- ۲ با اضافه شدن گاز NO به ظرف واکنش، تعادل در جهت مصرف آن یعنی در جهت تولید مقدار بیشتری از فرآورده‌ها رفته و مقدار و در نتیجه غلظت گاز نیتروژن دی‌اکسید افزایش می‌یابد.
- ۳ با توجه به آن که در این واکنش، شمار مول‌های گاز در دو سمت معادله برابر است، تغییر فشار و حجم ظرف، تعادل را جابه‌جا نخواهد کرد. توجه داریم که کاهش حجم ظرف واکنش، موجب افزایش غلظت گاز نیتروژن دی‌اکسید قهوه‌ای رنگ شده و مخلوط گازی تیره می‌شود.
- ۴ کاهش دمای سامانه تعادلی، موجب جابه‌جایی تعادل به سمت تولید Q یا همان فرآورده‌ها می‌شود که موجب افزایش مقدار و غلظت گاز نیتروژن دی‌اکسید در ظرف واکنش خواهد شد.

لوشاتلیه

مطابق اصل لوشاتلیه اگر تغییری موجب برهم خوردن یک تعادل شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند. در رابطه با تأثیر عوامل مختلف بر جابه‌جایی تعادل، داریم:

- ۱- اضافه شدن یک ماده: اگر این پدیده موجب افزایش غلظت آن ماده شود، تعادل در جهت واکنش مصرف آن ماده پیش می‌رود. اضافه کردن ماده به سامانه تعادل اگر منجر به تغییر غلظت نشود، تعادل را تغییر نمی‌دهد. این شرایط هنگامی رخ می‌دهد که ماده اضافه شده، در واکنش حالت جامد یا مایع داشته باشد.
- ۲- خارج کردن یک ماده: اگر این اتفاق منجر به کاهش غلظت ماده گردد، تعادل در جهت واکنش تولید آن ماده پیش خواهد رفت. همانند اضافه کردن ماده، اگر ماده خارج شده حالت جامد یا مایع داشته باشد، تغییری در تعادل ایجاد نخواهد کرد.
- ۳- کاهش حجم ظرف یا افزایش فشار: در این حالت، تعادل به سمتی پیش می‌رود که مجموع ضریب گازها کمتر باشد تا بتواند با کاهش تعداد مولکول‌های گاز، افزایش فشار را جبران کند. این تغییر، تنها بر تعادل‌هایی اثر می‌گذارد که مجموع ضریب گازهای دو طرف معادله برابر نباشد.
- ۴- افزایش حجم ظرف یا کاهش فشار: در این تغییر، تعادل به سمتی پیش می‌رود که مجموع ضریب گازها بیشتر باشد. این تغییر، تنها بر تعادل‌هایی اثر می‌گذارد که مجموع ضریب گازهای دو طرف معادله برابر نباشد. توجه داریم که تغییرات مطرح شده تا به اینجای کار، تأثیری بر ثابت تعادل ندارند و تنها تغییر دما با تغییر ثابت تعادل، تعادل را جابه‌جا می‌کند.
- ۵- افزایش دما: این تغییر، تعادل را به سمت مصرف گرما و کاهش دما پیش می‌برد. در این حالت سرعت واکنش گرماگیر نسبت به سرعت واکنش گرماده افزایش بیشتری خواهد یافت و تعادل به سمت انجام واکنش گرماگیر خواهد رفت.
- ۶- کاهش دما: در این حالت برای خنثی کردن این کاهش دما، تعادل به سمت تولید گرما و واکنش گرماده خواهد رفت. در فرایند تعادلی، کاهش دما سرعت واکنش گرماگیر را بیشتر از سرعت واکنش گرماده کاهش می‌دهد.
- ۷- اضافه کردن کاتالیزگر: این مورد موجب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود و فقط زمان رسیدن به تعادل را کاهش می‌دهد. همچنین در تعادل با حضور کاتالیزگر، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت، بیشتر از عدم حضور کاتالیزگر خواهد بود.

گروه آموزشی ماز

۲۰- کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

- ۱) فناوری، به کار بردن دانش برای حل یک مسئله بوده که همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است.
- ۲) فروش نفت خام، سنگ معدن فلزهای گوناگون و همچنین پنبه در کشاورزی، از مثال‌های خام‌فروشی هستند.
- ۳) مواد اولیه صنایع، موادی هستند که فرآوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها مواد شیمیایی جدید تولید می‌شود.
- ۴) برای تولید یک فرآورده در صنعت، علاوه بر انرژی، آب و نیروی انسانی، به فناوری شیمیایی نیز نیاز است.

(آسان - حفظی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فرآوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد. در فناوری شیمیایی، ابتدا ماده خام در اثر انرژی، آب، فناوری شیمیایی و نیروی انسانی به مواد اولیه و پرکاربرد تبدیل می‌شود و سپس ماده اولیه، در واکنشی دیگر شرکت کرده و به فرآورده هدف تبدیل خواهد شد. پس در این فرایند ماده اولیه خود از فرآوری ماده خام حاصل می‌شود. در این رابطه، داریم:



بررسی سایر گزینه‌ها:

- ۱ فناوری را می‌توان به کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص دانست. فناوری ارتباطات، کشاورزی، غذایی، نظامی، دارویی، الکترونیکی و آموزشی از جمله فناوری‌هایی هستند که بشر امروزی از آن‌ها برای حل مسائل خود بهره می‌برد. فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است.



۲ اگر منابع طبیعی کم و بیش بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به دست می‌آیند به فروش رسانده شوند، خام فروشی رخ می‌دهد. برای نمونه فروش نفت خام نوعی خام فروشی است و بهتر است به جای آن پس از پالایش نفت خام و تبدیل آن به فرآورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین و ... محصولات پتروشیمیایی به فروش برسند. همچنین خام فروشی برای منابع معدنی مانند سنگ معدن فلزهایی مانند آهن، مس و روی و حتی منابع کشاورزی مانند پنبه نیز وجود دارد.

۴ هم تبدیل ماده خام به ماده اولیه و هم تبدیل ماده اولیه به فرآورده هدف در روند تولید یک ماده و یا یک فرآورده نهایی، به انرژی، آب، فناوری شیمیایی و نیروی انسانی نیاز دارند.

گروه آموزشی ماز

۲۱- اگر واکنش تعادلی $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons H_2(g) + CO(g)$, $K = 0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ با حضور یک مول از هر واکنش‌دهنده شروع می‌شود، در مدت ربع ساعت در یک ظرف یک لیتری به تعادل برسد، سرعت متوسط تولید گاز کربن مونوکسید در این مدت به تقریب چند گرم بر دقیقه بوده است؟ ($C = 12, O = 16 : g.mol^{-1}$)

۱/۳۳ (۴)

۰/۹۳ (۳)

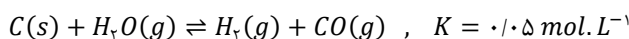
۰/۶۷ (۲)

۰/۳۷ (۱)

(متوسط - مسئله - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

معادله این تعادل به صورت زیر است:



بر این اساس، مقدار ثابت تعادل این واکنش شیمیایی برابر است با:

$$K = \frac{[H_2] \times [CO]}{[H_2O]} = \frac{n_{H_2} \times n_{CO}}{n_{H_2O}} \times V^{1-(1+1)} = \frac{n_{H_2} \times n_{CO}}{n_{H_2O}} \times \frac{1}{V}$$

مقدار اولیه کربن و بخار آب در این واکنش برابر یک مول است. اگر در این واکنش مقدار x مول H_2O تا زمان رسیدن به تعادل مصرف شود، مقدار تعادلی مواد به صورت زیر خواهد شد:

	$C(s)$	$H_2O(g)$	$H_2(g)$	$CO(g)$
مقدار اولیه	۱	۱	۰	۰
تغییر در واکنش	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
مقدار نهایی	$1-x$	$1-x$	x	x

حال به کمک ثابت تعادل این واکنش، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{n_{H_2} \times n_{CO}}{n_{H_2O}} \times V^{-1} \Rightarrow 0.05 = \frac{x^2}{1-x} \times 1 \Rightarrow x^2 + \frac{1}{20}x - \frac{1}{20} = 0 \Rightarrow$$

$$(x - \frac{1}{5})(x + \frac{1}{4}) = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = \frac{1}{5} \\ x = -\frac{1}{4} \end{cases} \text{ غیر قابل قبول}$$

پس در این واکنش $\frac{1}{5}$ مول کربن مونوکسید در مدت ۱۵ دقیقه تولید شده است. جرم این مقدار کربن مونوکسید برابر است با:

$$\text{مقدار مول} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{m}{28} \Rightarrow m = \frac{28}{5} = 5.6 \text{ g}$$

بر این اساس سرعت متوسط تولید کربن مونوکسید را در این ۱۵ دقیقه محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}_{CO} = \frac{\text{جرم } CO \text{ تولید شده}}{\Delta t} \Rightarrow \bar{R}_{CO} = \frac{5.6 \text{ g}}{15 \text{ min}} = \frac{5.6 \times 2}{30} = \frac{1.12}{3} \approx 0.37 \text{ g.min}^{-1}$$

پس سرعت تولید این گاز به تقریب برابر ۰/۳۷ گرم بر دقیقه است.

گروه آموزشی ماز

۲۲- چند مورد از مطالب زیر در مورد PET درست است؟ ($H = 1, C = 12, O = 16 : g.mol^{-1}$)

الف: ۴۰ درصد اتم‌های کربن موجود در ساختار آن به هیچ اتم هیدروژنی متصل نیستند.

ب: عضوی از دسته پلی‌استرها بوده و پیوند هیدروژنی میان ذرات آن دیده نمی‌شود.

پ: درصد جرمی اتم‌های هیدروژن در این ماده به تقریب برابر با ۴/۲ درصد است.

ت: همانند یک نمونه پلی‌لاکتیک اسید، پلیمری زیست تخریب پذیر است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

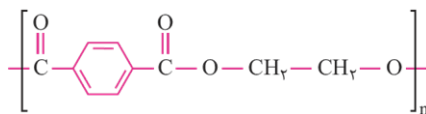
۱ (۱)



(سخت - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

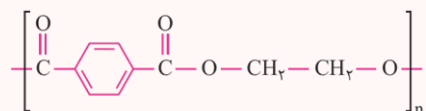
پلی اتیلن ترفتالات یا همان PET، یک پلی استر ساختگی بوده که ساختار آن به صورت زیر است:



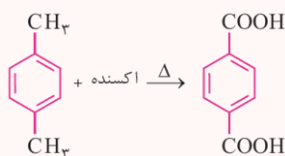
در رابطه با این ماده، عبارتهای (الف)، (ب) و (پ) درست هستند.

پلی اتیلن ترفتالات

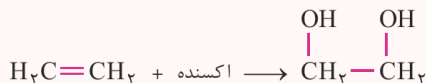
پلیمر به کار رفته در ساخت بطری آب، پلی اتیلن ترفتالات با ساختار زیر است:



مونومرهای سازنده این پلی استر، دی الکی با نام اتیلن گلیکول و دی اسیدی با نام ترفتالیک اسید هستند. این دو ماده به ترتیب از اکسایش دو هیدروکربن اتن و پارازیلن تولید می شوند. واکنش تولید ترفتالیک اسید به صورت زیر است:



در این واکنش عدد اکسایش دو اتم کربن متصل به حلقه بنزنی از ۳- در پارازیلن به ۳+ در ترفتالیک اسید تبدیل می شوند. اکسنده واکنش بالا، می تواند محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات یا اکسیژن هوا باشد. اگر اکسنده محلول پتاسیم پرمنگنات باشد، برای انجام واکنش باید دما بالا باشد که در این حالت باز هم بازدهی واکنش بالا نیست. اما گاز اکسیژن در حضور کاتالیزگرهای مناسب، با بازده بالا این هیدروکربن را به ترفتالیک اسید تبدیل می کند. واکنش تولید اتیلن گلیکول نیز به صورت زیر است:



در واکنش بالا نیز اکسنده مناسب محلول رقیق پتاسیم پرمنگنات است. در این واکنش عدد اکسایش هر اتم کربن از ۲- در اتن به ۱- در اتیلن گلیکول تبدیل می شود. در این دو واکنش اگر یون پرمنگنات اکسنده باشد، عدد اکسایش منگنز در یون پرمنگنات (MnO_4^-) از ۷+ به ۴+ در منگنز (IV) اکسید (MnO_2) می رسد. پلی اتیلن ترفتالات یک پلی استر بوده و زیست تخریب پذیر نیست اما قابل بازیافت است. برای بازیافت آن ابتدا مواد پلاستیکی را شسته و سپس ذوب کرده و دوباره از آن ها استفاده می کنند. همچنین می توان مواد پلاستیکی را پس از شست و شو به تکه های کوچک پرک تبدیل کرده و در ساخت مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. اما یک روش دیگر بازیافت این پلیمر، واکنش آن با متانول و تولید موادی با قابلیت تولید پلیمر است. البته این نکته را باید در نظر گرفت تبدیل پسماندهای پلاستیکی پلی اتیلن ترفتالات به مونومرهای سازنده دشوار بوده و واکنش این ماده با متانول موجب تولید مونومرهای سازنده آن نخواهد شد.

بررسی موارد:

«الف»: فرمول شیمیایی این پلیمر به صورت $[C_{10}H_8O_4]_n$ است. در ساختار هر واحد تکرارشونده این ماده، ۱۰ اتم کربن وجود دارد که ۴ مورد از آن ها (معادل ۴۰ درصد) به هیچ اتم هیدروژنی متصل نیستند.

«ب»: این ماده یک پلی استر بوده که از واکنش میان دو مونومر به نام های اتیلن گلیکول (دی الکل) و ترفتالیک اسید (دی اسید) تولید می شود و در ساختار هر واحد تکرارشونده آن ۲ گروه استری مشاهده می شود. در ساختار پلی استرها هیچ اتم هیدروژنی به اتم اکسیژن متصل نبوده و در یک نمونه از آن ها پیوند هیدروژنی بین ذرات دیده نمی شود.

«پ»: فرمول شیمیایی واحد تکرارشونده در این ترکیب $C_{10}H_8O_4$ بوده و در نتیجه فرمول شیمیایی پلیمر به صورت $[C_{10}H_8O_4]_n$ است. درصد جرمی هیدروژن را در این ترکیب محاسبه می کنیم:

$$\text{درصد جرمی هیدروژن} = \frac{\text{جرم اتم های هیدروژن}}{\text{جرم مولکول}} \times 100 \Rightarrow A = \frac{8n \times 1}{(10 \times 12 + 8 \times 1 + 4 \times 16)n} \times 100 \approx 4/2$$

«ت»: پلی اتیلن ترفتالات یک پلی استر بوده و این پلیمر همانند پلیمرهای سنتزی ماندگاری زیادی داشته و زیست تخریب ناپذیر هستند به گونه ای که در طبیعت به کندی تجزیه می شود. در مقابل پلی لاکتیک اسید پلیمری سبز بوده و زیست تخریب پذیر است. پلیمرهای سبز پس از مدتی در طبیعت به مولکول های ساده مانند آب و کربن دی اکسید تبدیل خواهند شد.

◆ گروه آموزشی ماز ◆



۲۳- چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- الف: در تولید اتیلن گلیکول از اتن، عدد اکسایش هر اتم کربن یک واحد افزایش می‌یابد.
 ب: در استری که به‌عنوان حلال چسب کاربرد دارد، شمار جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی برابر است.
 پ: برای سوختن کامل هر مول ترفتالیک اسید به ۷/۵ مول گاز اکسیژن نیاز است.
 ت: نسبت شمار اتم‌های کربن به اتم‌های هیدروژن در ساختار پارازایلن، عکس مقدار این نسبت در نفتالن است.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

(سخت - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: اتن، از جمله مواد موجود در نفت خام است که با استفاده از آن، می‌توان سایر مواد آلی را تولید کرد. مولکول‌های گاز اتن می‌توانند در واکنش با یک گونه اکسنده مثل محلول رقیق پتاسیم پرمنگنات به اتیلن گلیکول تبدیل شوند. واکنش تولید اتیلن گلیکول از اتن در حضور یک اکسنده به‌صورت زیر است:



در این واکنش عدد اکسایش هر اتم کربن در اتن از ۲- به ۱- در اتیلن گلیکول می‌رسد.

«ب»: حلال چسب یک استر به نام اتیل استات (اتیل اتانوات) است که از واکنش میان استیک اسید و اتانول تولید می‌شود. فرمول شیمیایی این ترکیب به‌صورت $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ یا $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$ است. در ساختار این ماده ۱۴ جفت الکترون پیوندی یا همان پیوند کووالانسی و ۴ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد و نسبت خواسته‌شده برابر ۳/۵ است.

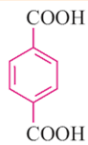
شمار جفت الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی

ترکیب آلی $\text{C}_n\text{H}_m\text{O}_x\text{N}_y\text{X}_z$ را در نظر بگیرید که در آن، نماد X معادل با یک هالوژن است. برای مشخص کردن شمار پیوندهای اشتراکی یا همان جفت الکترون‌های پیوندی از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\text{شمار پیوندهای اشتراکی} = \frac{4n+m+2x+3y+z}{2}$$

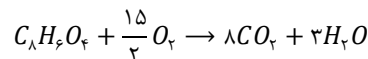
شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی را نیز از طریق جمع کردن شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی موجود بر هر اتم مشخص می‌کنیم:

$$\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی} = 2x + y + 3z$$



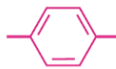
«پ»: ساختار ترفتالیک اسید به‌صورت مقابل است.

فرمول شیمیایی این ترکیب به‌صورت $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$ بوده و معادله واکنش سوختن آن به‌صورت زیر است:



برای موازنه واکنش سوختن ترکیب‌های آلی اکسیژن‌دار، ابتدا ضریب کربن دی‌اکسید و آب را به‌ترتیب برابر شمار اتم‌های کربن و نصف شمار اتم‌های هیدروژن قرار می‌دهیم و سپس واکنش را برای اتم‌های اکسیژن نیز موازنه می‌کنیم تا ضریب گاز اکسیژن نیز به‌دست آید. پس برای سوختن هر مول از این ترکیب به‌طور کامل، به ۷/۵ مول گاز اکسیژن نیاز است.

«ت»: ساختار پارازایلن با فرمول شیمیایی C_8H_{10} به‌صورت زیر است:



نسبت شمار اتم‌های کربن به هیدروژن در این ترکیب برابر $\frac{4}{11}$ بوده و این نسبت در نفتالن با فرمول شیمیایی C_{10}H_8 برابر $\frac{5}{4}$ است.

گروه آموزشی ماز

۲۴- ثابت تعادل واکنش $\text{CS}_2(l) + 4\text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_4(g) + 2\text{H}_2\text{S}(g)$ برابر $6/75 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ است. اگر پس از قرار دادن مقدار مشخصی از گاز هیدروژن و کربن دی‌سولفید در یک ظرف یک لیتری و برقراری تعادل، ۶ مول H_2S در ظرف وجود داشته باشد، مقدار اولیه گاز هیدروژن چند گرم

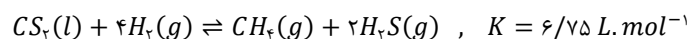
بوده است؟ ($H = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

۳۰ (۱) ۳۶ (۲) ۲۸ (۳) ۳۲ (۴)

(متوسط - مسئله - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

معادله این واکنش تعادلی به‌صورت زیر است:



بر این اساس ثابت تعادل آن برابر است با:

$$K = \frac{[\text{H}_2\text{S}]^2 \times [\text{CH}_4]}{[\text{H}_2]^4} = \frac{(n_{\text{H}_2\text{S}})^2 \times n_{\text{CH}_4}}{(n_{\text{H}_2})^4} \times V^{4-(2+1)} = \frac{(n_{\text{H}_2\text{S}})^2 \times n_{\text{CH}_4}}{(n_{\text{H}_2})^4} \times V$$



چون در ابتدای این فرایند، هیچ فراورده‌ای در ظرف وجود نداشته و واکنش صرفاً با استفاده از مقداری از واکنش‌دهنده‌ها شروع شده، نسبت مولی فراورده‌ها برابر نسبت ضریب آن‌ها در تعادل است. اگر در این واکنش ۶ مول گاز هیدروژن سولفید تولید و در تعادل وجود داشته باشد، ۳ مول گاز متان نیز در ظرف واکنش حضور دارد. بر این اساس و با استفاده از ثابت تعادل، مقدار گاز هیدروژن موجود در حالت تعادل را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{(n_{H_2S})^2 \times n_{CH_4}}{(n_{H_2})^4} \times V \Rightarrow 6/75 = \frac{(6)^2 \times 3}{(n_{H_2})^4} \times 1 \Rightarrow (n_{H_2})^4 = \frac{36 \times 3}{6/75} = 16 \Rightarrow n_{H_2} = 2 \text{ mol}$$

در این واکنش ۳ مول متان تولیدشده از مصرف ۱۲ مول گاز هیدروژن حاصل می‌شود. پس در ابتدای واکنش ۱۴ مول گاز هیدروژن در ظرف وجود داشته که ۱۲ مول آن مصرف و ۲ مول آن باقی مانده است. توجه داریم که ۱۴ مول گاز هیدروژن، ۲۸ گرم جرم دارد. در این رابطه، داریم:

$$? g H_2 = 14 \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ g } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 28 \text{ g}$$

گروه آموزشی ماز

۲۵- کدام یک از مطالب زیر درست است؟

- ۱) کاهنده مورد استفاده در روش مستقیم تولید متانول از متان در حضور کاتالیزگر مناسب، گاز اکسیژن است.
- ۲) غلظت پرمنگنات لازم برای تولید اتیلن گلیکول از اتن بیشتر از تولید ترفتالیک اسید از پارازیلن است.
- ۳) تولید اتانول از گاز اتن نسبت به تولید آن از تخمیر گلوکز از نظر اتمی صرفه اقتصادی بیشتری دارد.
- ۴) سنتز ویتامین دی نسبت به ویتامین ث دشوارتر بوده و نیازمند دانش و فناوری پیشرفته‌تری است.

(آسان - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

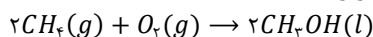
شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کم‌ترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است. بر طبق اصول شیمی سبز، یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های موجود در مواد واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شوند. واکنش تولید اتانول از اتن و گلوکز به صورت زیر است:



یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شود. در واکنش اول، تمام اتم‌های واکنش‌دهنده‌ها به فراورده اصلی تبدیل می‌شوند؛ در حالی که در واکنش دوم بخشی از اتم‌ها به فراورده جانبی مضر تبدیل می‌شوند. پس واکنش تولید اتانول از اتن از نظر اتمی به صرفه‌تر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) معادله روش مستقیم تولید متانول از متان به صورت زیر است:



در این واکنش متان اکسایش یافته و گاز اکسیژن کاهش می‌یابد. پس کاهنده این واکنش متان و اکسنده آن گاز اکسیژن است.

۲) محلول پرمنگنات مناسب برای تولید ترفتالیک اسید از پارازیلن، غلیظ بوده و باید آن را گرم کرد و در این حالت نیز بازدهی واکنش مطلوب نیست. این در حالی است که در واکنش تولید اتیلن گلیکول از اتن، نیاز به محلول رقیق پتاسیم پرمنگنات است.

۴) هر چه گروه‌های عاملی موجود در یک ماده بیشتر و متنوع‌تر باشند، ساختار آن ماده پیچیده‌تر بوده و تولید آن به دانش پیشرفته‌تر و فناوری کارآمدتری نیاز دارد. ویتامین (ث)، ویتامینی محلول در آب است که در ساختار خود، ۴ گروه عاملی هیدروکسیل (الکلی) و یک گروه عاملی استری دارد. این در حالی است که ویتامین (دی) تنها در ساختار خود یک گروه هیدروکسیل دارد و سنتز شیمیایی آن نسبت به تولید ویتامین (ث) آسان‌تر خواهد بود.

گروه آموزشی ماز

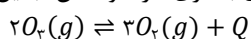
۲۶- کدام موارد از مطالب زیر در مورد تعادل $2O_2(g) \rightleftharpoons 3O_3(g)$ درست هستند؟

- الف: اگر در یک حجم ثابت، دمای سامانه را بر حسب کلوین ۲ برابر کنیم، فشار بیش از ۲ برابر خواهد شد.
 - ب: اگر فشار وارد بر مخلوط گازی را افزایش دهیم، واکنش تعادلی در جهت مصرف گرما جابه‌جا می‌شود.
 - پ: مقدار ثابت تعادل این واکنش در دمای آزمایشگاه (۲۵°C) بیشتر از دمای لایه استراتوسفر (-۲۰°C) است.
 - ت: با خارج کردن بخشی از گاز اکسیژن از ظرف، نسبت غلظت گاز اکسیژن به گاز اوزون در تعادل جدید، افزایش می‌یابد.
- ۱) «الف» و «ب» ۲) «الف» و «پ» ۳) «ب» و «ت» ۴) «پ» و «ت»

(سخت - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

همانطور که می‌دانیم، گاز اوزون در مقایسه با اکسیژن سطح انرژی بالاتری دارد. واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن گرماده بوده و معادله آن به صورت زیر است:



در رابطه با این واکنش تعادلی، عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند.



بررسی موارد:

«الف»: بر اساس رابطه کلی قانون گازها، فشار یک نمونه گازی با دمای آن رابطه مستقیم دارد. با ۲ برابر کردن دمای گازها انتظار داریم که فشار گازها ۲ برابر شود. اما در این واکنش پس از ۲ برابر شدن دما، واکنش در جهت مصرف گرما یعنی تولید گاز اوزون پیش می‌رود که موجب کاهش مول‌های گازی موجود در ظرف می‌شود و فشار را کاهش می‌دهد. پس در این واکنش با دو برابر شدن دما، به علت کاهش مقدار گاز، فشار کمتر از ۲ برابر خواهد شد.

«ب»: تغییر فشار بر تعادل‌هایی تأثیرگذار است که شمار مولکول‌های گاز در دو سمت معادله متفاوت باشد. در این فرایندها، افزایش فشار موجب جابه‌جایی تعادل به سمت شمار مول‌های گازی کمتر می‌شود. پس با افزایش فشار بر مخلوط گازی، تعادل به سمت برگشت جابه‌جا می‌شود که واکنش آن گرماگیر بوده و گرما در آن مصرف خواهد شد.

«پ»: در واکنش‌های گرماده، در دمای پایین و در واکنش گرماگیر در دمای بالا، ثابت تعادل بزرگ‌تر است. این واکنش در جهت رفت گرماده بوده و در دمای پایین مقدار ثابت تعادل آن بزرگ‌تر است.

«ت»: خروج گاز اکسیژن از ظرف واکنش، موجب کاهش غلظت آن می‌شود و جابه‌جایی تعادل نیز نمی‌تواند به‌طور کامل این کاهش غلظت را جبران کند. پس در تعادل جدید غلظت گاز اکسیژن کمتر از غلظت گاز اکسیژن در تعادل قبلی است. با توجه به رابطه کلی ثابت تعادل این واکنش، داریم:

$$K = \frac{[O_2]^2}{[O_3]^2} \Rightarrow K = \frac{[O_2]^2}{[O_3]^2} \times [O_2] \Rightarrow \left(\frac{[O_2]}{[O_3]}\right)^2 = \frac{K}{[O_2]} \Rightarrow \frac{[O_2]}{[O_3]} = \sqrt{\frac{K}{[O_2]}}$$

پس نسبت غلظت دو ماده برابر $\sqrt{\frac{K}{[O_2]}}$ است. با توجه به ثابت بودن K می‌توان گفت با کاهش غلظت اکسیژن در تعادل، نسبت غلظت گاز اکسیژن به غلظت گاز اوزون افزایش می‌یابد.

◆ گروه آموزشی ماز ◆

۲۷- در محیط خنثی، انرژی فعال‌سازی واکنش تولید اتیل بوتانوات از الکل و اسید سازنده و واکنش آبکافت آن به ترتیب برابر با ۲۰ و ۲۵ کیلوژول است. اگر در شرایط اسیدی، انرژی فعال‌سازی واکنش استری شدن ۲۰ درصد کاهش یابد، در این شرایط انرژی فعال‌سازی واکنش آبکافت درصد تغییر کرده و می‌توان گفت، واکنش استری شدن است.

(۴) ۲۰ - گرماده

(۳) ۱۶ - گرماده

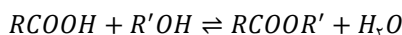
(۲) ۲۰ - گرماگیر

(۱) ۱۶ - گرماگیر

(آسان - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

معادله واکنش انجام‌شده به‌صورت زیر است:



آنتالپی این واکنش را به‌صورت زیر به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta H = E_{a_{\text{برگشت}}} - E_{a_{\text{رفت}}} \Rightarrow \Delta H = 20 - 25 = -5 \text{ kJ}$$

پس آنتالپی این واکنش برابر ۵- کیلوژول است و در این واکنش با تولید استر (واکنش رفت)، گرما آزاد می‌شود و واکنش در جهت رفت گرماده است. سولفوریک اسید با فرمول شیمیایی H_2SO_4 کاتالیزگر این واکنش است و انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را کاهش می‌دهد. این کاهش انرژی فعال‌سازی به گونه‌ای است که تأثیری در ΔH واکنش ندارد. پس با کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش رفت به اندازه ۴ کیلوژول، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت نیز ۴ کیلوژول کاهش می‌یابد که معادل ۱۶ درصد از این انرژی است. در این رابطه داریم:

$$\text{درصد کاهش} = \frac{\text{کاهش مقدار انرژی فعال‌سازی}}{\text{مقدار اولیه انرژی فعال‌سازی}} \times 100 = \frac{4}{25} \times 100 = 16 \text{ درصد}$$

◆ گروه آموزشی ماز ◆

۲۸- چند مورد از مطالب زیر نادرست است؟

الف: آمونیاک مایع در مقایسه با گاز آمونیاک با سرعت کمتری می‌سوزد.

ب: با افزایش دمای محلولی از آمونیاک در آب، ثابت یونش و مقدار pH محلول آمونیاک تغییر می‌کند.

پ: اگر تغییر فشار بر تعادلی گازی اثر نگذارد، ثابت تعادل آن واکنش بدون یکا است.

ت: هرچه انرژی فعال‌سازی یک واکنش گرماده بیشتر باشد، مقدار آنتالپی آن واکنش به یقین کمتر است.

(۴) ۳

(۳) ۲

(۲) ۱

(۱) صفر

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

تتها عبارت (ت) نادرست است.



بررسی موارد:

«الف»: در حالت گاز نسبت به حالت مایع، سطح انرژی مواد بیشتر بوده و آمونیاک گازی سطح انرژی بیشتری دارد. پس در فرایند سوختن آمونیاک، در حالتی که آمونیاک گاز است (نسبت به حالت مایع)، سطح انرژی آن به قله انرژی مواد نزدیکتر بوده و انرژی فعال سازی کوچکتر است. پس سرعت سوختن آمونیاک در حالت گاز بیشتر از حالت مایع است.

«ب»: انحلال پذیری گازها در آب، با افزایش دما کاهش می یابد. پس با افزایش دمای محلول بازی آمونیاک در آب، گاز آمونیاک از محلول خارج شده و غلظت آمونیاک کاهش می یابد. با کاهش غلظت باز در آب، غلظت یون OH^- در محلول کاهش یافته و pH محلول بازی کم می شود. تغییر دمای محلول های اسیدی و بازی موجب تغییر میزان ثابت یونش این مواد که نوعی ثابت تعادل است می شود و به دنبال آن میزان درجه یونش ترکیب نیز در محلول تغییر می کند.

«پ»: واحد ثابت تعادل در واکنش های تعادلی از رابطه زیر مشخص می شود:

$$\left(\frac{mol}{L}\right) \text{ مجموع ضریب واکنش دهنده های محلول و گازی} - \text{مجموع ضریب فرآورده های محلول و گازی}$$

اگر در یک تعادل گازی ثابت تعادل واکنش بدون یکا باشد، یعنی شمار مول های گاز در دو سمت معادله واکنش یکسان بوده و تغییر فشار و حجم بر جابه جایی آن تعادل اثری ندارد.

«ت»: مقدار ΔH یک واکنش و E_a آن ارتباطی با هم ندارند و بر همین اساس نمی توان رابطه ای میان آنتالپی یک واکنش و انرژی فعال سازی آن مشخص کرد. هرچه انرژی فعال سازی یک واکنش گرماده بیشتر باشد، مقدار آنتالپی آن واکنش می تواند کمتر یا بیشتر باشد.

گروه آموزشی ماز

۲۹- در شرایط استاندارد، با استفاده از فرآورده حاصل از واکنش $67/2$ لیتر گاز اتن با مقدار کافی بخار آب، برای تهیه چند لیتر محلول $0/2$ مولار از این ماده می توان استفاده کرد؟ ($O = 16, C = 12, H = 1 : g \cdot mol^{-1}$)

۱۵ (۴)

۱۲ (۳)

۷/۵ (۲)

۶ (۱)

(آسان - مسئله - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

در واکنش اتن با بخار آب، بر اساس معادله $C_2H_6(g) + H_2O(g) \rightarrow C_2H_5OH(l)$ اتانول تولید می شود. بر این اساس، داریم:

$$? mol C_2H_5OH = 67/2 L C_2H_6 \times \frac{1 mol C_2H_6}{22/4 L C_2H_6} \times \frac{1 mol C_2H_5OH}{1 mol C_2H_6} = 3 mol$$

برای محاسبه مقدار اتانول تولید شده با استفاده از روش تناسب نیز، به صورت زیر عمل می کنیم:

$$\frac{? mol C_2H_5OH}{22/4 \times 1} = \frac{67/2 L C_2H_6}{22/4 \times 1} \Rightarrow x = 3 mol C_2H_5OH$$

در قدم بعد، مقدار محلول $0/2$ مولار تولید شده با استفاده از ۳ مول اتانول را محاسبه می کنیم:

$$? L \text{ محلول} = 3 mol C_2H_5OH \times \frac{1 L \text{ محلول}}{0/2 mol C_2H_5OH} = 15 L$$

گروه آموزشی ماز

۳۰- جدول زیر، اطلاعات مربوط به نوعی آلاینده خارج شده از آگزوز خودرو در حضور و غیاب مبدل کاتالیستی را نشان می دهد:

NO	فرمول شیمیایی آلاینده	
۱/۰۴	در غیاب مبدل	مقدار آلاینده بر حسب گرم به ازای طی یک کیلومتر
۰/۰۴	در حضور مبدل	

اگر این خودرو روزانه $90 km$ مسافت را طی کند، در طول هر ماه چند گرم گاز N_2 در مبدل کاتالیستی این خودرو تولید می شود؟

$$(O = 16, N = 14 : g \cdot mol^{-1})$$

۱۲۶۰ (۴)

۶۳۰ (۳)

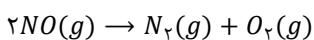
۱۶۸۰ (۲)

۸۴۰ (۱)

(آسان - مسئله - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

معادله موازنه شده واکنش شیمیایی انجام شده در مبدل کاتالیستی به صورت زیر است:



بر اثر پیمایش هر کیلومتر از مسیر توسط خودرو مورد نظر، مقدار $1 - 0/04 = 0/96$ گرم آلاینده NO توسط مبدل کاتالیستی تجزیه می شود. در صورتی که این خودرو، روزانه 90 کیلومتر مسافت طی کند، مقدار گاز N_2 تولید شده در مبدل کاتالیستی این خودرو در طول یک ماه برابر است با:

$$? g N_2 = 30 \text{ day} \times \frac{90 km}{1 day} \times \frac{1 g NO}{1 km} \times \frac{1 mol NO}{30 g NO} \times \frac{1 mol N_2}{2 mol NO} \times \frac{28 g N_2}{1 mol N_2} = 1260 g$$

گروه آموزشی ماز



برای تقویت مهارت‌های شما و درک عمیق‌تر مفاهیم، چند سؤال چالش‌برانگیز تحت عنوان «دوپینگ پلاس» در نظر گرفته شده است که حل آن‌ها می‌تواند به پیشرفت شما کمک کند!

۱- اضافه کردن کاتالیزگر به یک واکنش، چند مورد از تغییرات زیر را ایجاد می‌کند؟

- الف: افزایش احتمال شروع شدن واکنش
ب: رفتن تعادل به سمت تولید فراورده‌ها
پ: افزایش گرمای مبادله شده با محیط
ت: افزایش سرعت واکنش برگشت
ث: افزایش بازده درصدی واکنش
ج: کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش
- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

۲- در ظرفی با حجم مشخص، تعادل $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ بین جرم‌های برابر از دو گاز برقرار است. اگر حجم ظرف را به یک لیتر کاهش دهیم، پس از مدتی تعداد مول‌های دو گاز برابر شده و تعادل مجدداً در ظرف واکنش برقرار می‌شود. حجم اولیه ظرف واکنش برابر با چند لیتر بوده است؟ ($N = 14, O = 16 : g \cdot mol^{-1}$)

- (۱) ۵ (۲) ۴ (۳) ۲ (۴) ۳

۳- جدول مقابل، مقدار سه ماده را در تعادل $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) + Q$ نشان می‌دهد. کدام موارد از مطالب زیر درست است؟

ماده	مقدار (mol)
SO_3	۰/۶
SO_2	۰/۳
O_2	۰/۲

- الف: افزایش فشار، این تعادل را به سمت تولید گاز قطبی پیش می‌برد.
ب: افزایش دما، تعادل را به سمت کاهش غلظت گاز اکسیژن پیش می‌برد.
پ: اگر مقدار ثابت تعادل واکنش برابر ۶ باشد، حجم ظرف برابر با ۳۰۰ میلی‌لیتر است.
ت: اضافه کردن ۰/۱ مول اکسیژن به ظرف واکنش، مقدار SO_3 را کمتر از ۰/۲ مول افزایش می‌دهد.

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

۴- کدام یک از مطالب زیر درست است؟

- (۱) با افزودن آمونیوم نیترات به محلول آمونیاک در آب، pH محلول افزایش می‌یابد.
(۲) با افزودن باز به محلول اسیدهای ضعیف، مقدار بیشتری از آن اسید یونش می‌یابد.
(۳) با افزودن سدیم فلوئورید به محلول هیدروفلوئوریک اسید، pH محلول کمتر می‌شود.
(۴) با افزودن آب خالص به محلول فورمیک اسید، مقدار آنیون اسید در محلول کاهش می‌یابد.



۵- ثابت تعادل واکنش $Ca(OH)_2(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$ برابر $mol^3 \cdot L^{-2} \times 10^{-8} \times 6$ است. در این شرایط، انحلال پذیری کلسیم هیدروکسید در ۱۰۰ میلی لیتر آب با $pH = 12/3$ برابر چند میلی گرم است؟ (مقدار pH و حجم آب با انحلال کلسیم هیدروکسید تغییر نمی کند. $H = 1, O = 16, Ca = 40 : g \cdot mol^{-1}$)

(۱) ۱۱/۱ (۲) ۱/۷۷۶ (۳) ۱۷/۷۶ (۴) ۱/۱۱

۶- کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

(۱) استفاده از کاتالیزورها در صنعت، می تواند موجب کاهش آلودگی های محیط زیستی شود.

(۲) کاتالیزگری برای یک واکنش مناسب است که در حضور آن، واکنش ناخواسته ای رخ ندهد.

(۳) کاتالیزگر یک واکنش، باید در شرایط انجام آن واکنش از نظر شیمیایی و گرمایی، پایدار باشد.

(۴) کاتالیزورها، در واکنش های شیمیایی شرکت نکرده و جرم آن ها در ابتدا و انتهای واکنش یکسان است.

۷- در دو ظرف به حجم های ۱ و ۵ لیتر، به طور جداگانه ۱۵ مول گاز PCl_5 را گرم می کنیم تا تعادل شیمیایی زیر با ثابت تعادل $mol \cdot L^{-1}$ ۴ برقرار شود. غلظت گاز کلر در ظرف ۵ لیتری چند برابر ظرف ۱ لیتری است؟



(۱) ۳ (۲) $\frac{3}{5}$ (۳) $\frac{5}{3}$ (۴) $\frac{1}{3}$

۸- کدام یک از مطالب زیر درست است؟

(۱) در واکنش تولید آلدهید از الکل، علاوه بر الکل، به یک اکسنده مناسب نیز نیاز است.

(۲) از واکنش اتن با گاز کلر، به منظور تولید افشانه بی حس کننده موضعی استفاده می شود.

(۳) در سنتز یک ماده، شیمی دان ها به دنبال واکنش های پیچیده هستند تا فرایند پر بازده باشد.

(۴) الکل ضد عفونی کننده، بی رنگ و فرار است و از واکنش گاز اتن و آب در محیط بازی تولید می شود.

۹- مقدار ۴ مول نیتروژن دی اکسید مطابق واکنش تعادلی $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g), K = 0.25 mol \cdot L^{-1}$ در یک ظرف نیم لیتری تجزیه می شود. برای آن که بازده واکنش مورد نظر برابر با ۴۰ درصد باشد، چند گرم گاز اکسیژن باید از ظرف واکنش خارج شود؟ ($O = 16 g \cdot mol^{-1}$)

(۱) ۱۰/۴ (۲) ۱۶/۶ (۳) ۰/۶ (۴) ۷/۶

۱۰- کدام موارد از مطالب زیر در مورد پلاستیک ها درست هستند؟

الف: از واکنش اتانول با پلاستیک ساخته شده از PET ، برای تبدیل این ماده به مونومرها استفاده می شود.

ب: این مواد چگالی کمی دارند، در برابر خوردگی مقاوم بوده و هم نسبت به آب و هم هوا، نفوذناپذیر هستند.

پ: در فرایند بازیافت پلاستیک، تولید پرک پیش از شستن و ذوب پلاستیک پس از شستن انجام می گیرد.

ت: می توان برخی از آن ها را به روش های فیزیکی و شیمیایی و برخی را تنها به روش های فیزیکی بازیافت کرد.

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



۱۱- مقداری $COCl_2$ را در یک ظرف سربسته قرار می‌دهیم تا تعادل $COCl_2(s) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$ با ثابت تعادل $L^{-2} \cdot mol^2$ برقرار شود. اگر $\frac{2}{3}$ گاز کلر موجود در ظرف واکنش را خارج کنیم، فشار مخلوط گازی درون ظرف واکنش در تعادل جدید به تقریب درصد از تعادل قبلی خواهد بود.

(۱) ۵ - بیشتر (۲) ۸ - بیشتر (۳) ۸ - کمتر (۴) ۵ - کمتر

۱۲- اگر از گاز اکسیژن برای تولید ترفتالیک اسید از پارازایلن استفاده شود، برای تولید یک کیلوگرم ترفتالیک اسید به تقریب به چند گرم گاز اکسیژن نیاز است؟ ($H = 1, C = 12, O = 16 : g \cdot mol^{-1}$)

(۱) ۵۷۸/۳ (۲) ۷۷۱/۴ (۳) ۳۸۵/۵ (۴) ۴۸۲/۶





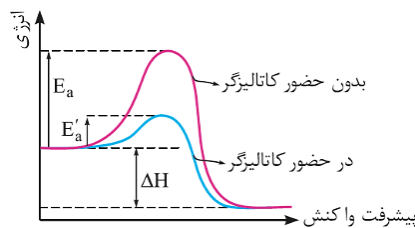
برای تقویت مهارت‌های شما و درک عمیق‌تر مفاهیم، چند سؤال چالش‌برانگیز تحت عنوان «دوپینگ پلاس» در نظر گرفته شده است که حل آن‌ها می‌تواند به پیشرفت شما کمک کند!

- ۱- اضافه کردن کاتالیزگر به یک واکنش، چند مورد از تغییرات زیر را ایجاد می‌کند؟
- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| الف: افزایش احتمال شروع شدن واکنش | ب: رفتن تعادل به سمت تولید فراورده‌ها |
| پ: افزایش گرمای مبادله شده با محیط | ت: افزایش سرعت واکنش برگشت |
| ث: افزایش بازده درصدی واکنش | ج: کاهش انرژی فعال سازی واکنش |
| ۲ (۱) | ۴ (۳) |
| ۳ (۲) | ۵ (۴) |

(آسان - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

هر واکنش، برای آغاز شدن به انرژی فعال سازی نیاز دارد. به هر اندازه که انرژی فعال سازی یک واکنش شیمیایی بزرگ‌تر باشد، آن واکنش در شرایط دشوارتر و در دماهای بالاتری انجام می‌شود و این یعنی برای تأمین شرایط مورد نیاز جهت آغاز شدن آن واکنش، باید انرژی بیشتری را مصرف کنیم. بر این اساس، به هنگام استفاده از کاتالیزگرها، انرژی فعال سازی واکنش‌ها کم‌تر شده و این واکنش‌ها در دمای کم‌تر و با شرایط آسان‌تری انجام می‌شوند. نمودار زیر تأثیر کاتالیزگر بر انرژی واکنش را نشان می‌دهد.



تغییرات (الف)، (ت) و (ج) ناشی از استفاده از کاتالیزگر هستند.

بررسی موارد:

- «الف»: شروع یک واکنش به تأمین انرژی فعال سازی آن واکنش بستگی دارد. استفاده از کاتالیزگر برای یک واکنش، موجب کاهش انرژی فعال سازی واکنش می‌شود. این امر موجب کاهش انرژی لازم برای شروع واکنش و آسان‌تر شدن تأمین انرژی فعال سازی می‌شود.
- «ب»: اضافه شدن کاتالیزگر به یک تعادل، تعادل را جابه‌جانی کند و صرفاً سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت را به یک نسبت افزایش می‌دهد. بر این اساس، می‌توان گفت که اگر پیش از رسیدن به تعادل، به یک واکنش کاتالیزگر مناسب اضافه شود، این ماده موجب کاهش زمان لازم برای رسیدن به تعادل می‌شود و تأثیری بر غلظت‌های تعادلی نمی‌گذارد.
- «پ»: گرمای مبادله شده با محیط در یک واکنش تنها به تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها بستگی دارد و کاتالیزگر بر روی این متغیر یا همان تغییر آنتالپی واکنش تأثیر ندارد.
- «ت»: در واکنش‌های شیمیایی برگشت پذیر، کاتالیزگر واکنش رفت و برگشت یکسان است. در این واکنش‌ها کاتالیزگر با کاهش ارتفاع قله نمودار انرژی-پیشرفت واکنش، مقدار انرژی فعال سازی هر دو واکنش را کاهش می‌دهد.
- «ث»: کاتالیزگر بر مقدار فراورده تولید شده در یک واکنش شیمیایی اثری ندارد و تنها سرعت تولید آن فراورده را افزایش می‌دهد. بر این اساس، می‌توان گفت کاتالیزگر بر روابط استوکیومتری میان مواد واکنش مؤثر نخواهد بود.
- «ج»: همانطور که توضیح داده شد، کاتالیزگر بر هر دو واکنش رفت و برگشت اثر می‌گذارد. نحوه عملکرد کاتالیزگر، کاهش انرژی فعال سازی واکنش است.

گروه آموزشی ماز

- ۲- در ظرفی با حجم مشخص، تعادل $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ بین جرم‌های برابر از دو گاز برقرار است. اگر حجم ظرف را به یک لیتر کاهش دهیم، پس از مدتی تعداد مول‌های دو گاز برابر شده و تعادل مجدداً در ظرف واکنش برقرار می‌شود. حجم اولیه ظرف واکنش برابر با چند لیتر بوده است؟

$$(N = 14, O = 16 : g \cdot mol^{-1})$$

۳ (۴)

۲ (۳)

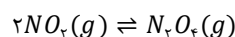
۴ (۲)

۵ (۱)

(سخت - مسئله - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

معادله واکنش انجام شده در ظرف، به صورت زیر است:



پس رابطه ثابت تعادل این واکنش به صورت زیر است:

$$K = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{n_{N_2O_4}}{(n_{NO_2})^2} \times V^{2-1} = \frac{n_{N_2O_4}}{(n_{NO_2})^2} \times V$$



در تعادل جدید برقرار شده، مقدار مول دو گاز با یکدیگر برابر است. در حالی که مقدار مول دو گاز در ظرف واکنش برابر است (مقدار هر گاز برابر با x مول در نظر گرفته می شود)، مقدار ثابت تعادل را حساب می کنیم:

$$K = \frac{n_{N_2 O_4}}{(n_{NO_2})^2} \times V \Rightarrow K = \frac{x}{x^2} \times 1 = \frac{1}{x}$$

اگر مقدار هر یک از این گازها برابر x مول باشد، جرم گاز NO_2 و $N_2 O_4$ موجود در حالت تعادل به ترتیب $46x$ و $92x$ گرم است. پس مجموع جرم این دو گاز برابر با $138x$ گرم می شود. در شرایطی که جرم دو گاز برابر باشد (تعادل اولیه)، جرم هر کدام $69x$ گرم خواهد بود. در این حالت مقدار دو گاز NO_2 و $N_2 O_4$ به ترتیب برابر $\frac{2}{3}x$ و $\frac{1}{3}x$ مول است. طی این فرایند، مقدار دمای محتویات ظرف واکنش تغییر نکرده است، پس مقدار ثابت تعادل در تعادل اولیه برابر با مقدار ثابت تعادل به دست آمده در تعادل جدید است. بر این اساس، داریم:

$$K = \frac{n_{N_2 O_4}}{(n_{NO_2})^2} \times V \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{\frac{1}{3}x}{\left(\frac{2}{3}x\right)^2} \times V \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{3x} \times V \Rightarrow V = 3L$$

پس حجم اولیه ظرف واکنش برابر ۳ لیتر بوده است.

گروه آموزشی ماز

۳- جدول مقابل، مقدار سه ماده را در تعادل $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) + Q$ نشان می دهد. کدام موارد از مطالب زیر درست است؟

ماده	مقدار (mol)
SO_3	۰/۶
SO_2	۰/۳
O_2	۰/۲

(۴) «پ» و «ت»

(۳) «ب» و «پ»

(۲) «الف» و «ت»

(۱) «الف» و «ب»

الف: افزایش فشار، این تعادل را به سمت تولید گاز قطبی پیش می برد.

ب: افزایش دما، تعادل را به سمت کاهش غلظت گاز اکسیژن پیش می برد.

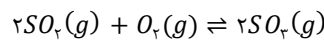
پ: اگر مقدار ثابت تعادل واکنش برابر ۶ باشد، حجم ظرف برابر با ۳۰۰ میلی لیتر است.

ت: اضافه کردن ۰/۱ مول اکسیژن به ظرف واکنش، مقدار SO_3 را کمتر از ۰/۲ مول افزایش می دهد.

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

معادله واکنش تعادلی مورد نظر به صورت زیر است:



در رابطه با این تعادل، عبارت های (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

«الف»: در یک تعادل گازی، افزایش فشار گازهای موجود در ظرف واکنش موجب جابه جایی تعادل به سمت کاهش شمار مول های گازی می شود در این واکنش با افزایش فشار، تعادل به سمت مول های گازی کمتر یا همان تولید گاز گوگرد تری اکسید پیش می رود. گاز گوگرد تری اکسید یک ماده ناقطبی است. در میان مواد موجود در این واکنش، گاز گوگرد دی اکسید قطبی و دو گاز دیگر ناقطبی هستند.

«ب»: این واکنش گرماده است، پس با افزایش دمای مخلوط تعادلی، واکنش در جهت برگشت (در جهت مصرف گرما) پیش می رود. با این تغییر، گاز اکسیژن تولید می شود و غلظت آن افزایش می یابد.

بر اساس قانون لوشاتلیه، اگر تغییری موجب بر هم زدن حالت تعادل در یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه جا می شود که تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند. تغییر دمای سامانه تعادلی، یکی از روش های مورد استفاده برای جابه جا کردن تعادل های شیمیایی است. تغییر دما افزون بر جابه جا کردن تعادل، مقدار ثابت تعادل واکنش را نیز تغییر می دهد. اثر تغییر دما بر تعادل های گوناگون یکسان نیست و به گرماده یا گرماگیر بودن آن واکنش ها بستگی دارد. با افزایش دمای یک سامانه در حال تعادل، واکنش در جهت مصرف گرما پیش می رود تا دمای سامانه را مجدداً کاهش دهد. اگر این واکنش گرماگیر باشد، تعادل در جهت رفت جابه جا شده و مقدار فراورده ها افزایش پیدا می کند. در نقطه مقابل، اگر این واکنش گرماده باشد، با افزایش دما در جهت برگشت پیش رفته و مقدار واکنش دهنده ها افزایش می یابد. با کاهش دمای یک سامانه در حال تعادل، واکنش در جهت تولید گرما پیش می رود تا دمای سامانه را دوباره افزایش دهد. اگر این واکنش گرماگیر باشد، تعادل در جهت برگشت جابه جا شده و مقدار واکنش دهنده ها افزایش پیدا می کند. در نقطه مقابل، اگر این واکنش گرماده باشد، با کاهش دما در جهت رفت پیش می رود و مقدار فراورده ها افزایش می یابد.

«پ»: رابطه ثابت تعادل برای این واکنش به صورت زیر است:

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 \times [O_2]} = \frac{(n_{SO_3})^2}{(n_{SO_2})^2 \times n_{O_2}} \times V^{(2+1)-2} = \frac{(n_{SO_3})^2}{(n_{SO_2})^2 \times n_{O_2}} \times V$$

پس مقدار V که معادل با حجم ظرف است را حساب می کنیم:

$$6 = \frac{(0/6)^2}{(0/3)^2 \times 0/2} \times V \Rightarrow V = 0/3 L \Rightarrow V = 300 mL$$

بنابراین حجم ظرف واکنش برابر ۳۰۰ میلی لیتر است.



«ت»: مطابق اصل لوشاتلیه، به هنگام تغییر در یک تعادل، واکنش تعادلی به سمتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان از تأثیر آن تغییر کم کند. همانطور که می‌دانیم، در اکثر مواقع جابه‌جایی تعادل نمی‌تواند اثر تغییر ایجاد شده را به‌طور کامل جبران کند. بر این اساس، می‌توان گفت با اضافه‌شدن ۰/۱ مول گاز اکسیژن به ظرف واکنش، بخشی از این اکسیژن اضافه شده به ظرف واکنش مصرف می‌شود و نه تمام آن! به همین علت، افزایش مقدار گاز گوگرد تری‌اکسید کمتر از ۰/۲ مول خواهد بود.

◆ گروه آموزشی ماز ◆

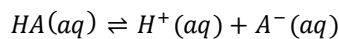
۴- کدام یک از مطالب زیر درست است؟

- ۱) با افزودن آمونیوم نیترات به محلول آمونیاک در آب، pH محلول افزایش می‌یابد.
- ۲) با افزودن باز به محلول اسیدهای ضعیف، مقدار بیشتری از آن اسید یونش می‌یابد.
- ۳) با افزودن سدیم فلئورید به محلول هیدروفلئوریک اسید، pH محلول کمتر می‌شود.
- ۴) با افزودن آب خالص به محلول فورمیک اسید، مقدار آنیون اسید در محلول کاهش می‌یابد.

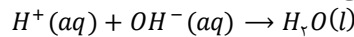
(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

واکنش تعادلی یونش اسیدهای ضعیف در آب به‌صورت زیر است:



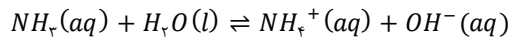
با افزودن باز به محلول این اسید، واکنش خنثی شدن رخ می‌دهد که به‌صورت زیر است:



بر این اساس، می‌توان گفت با اضافه‌شدن باز به محلول اسیدی مورد نظر، مقداری از یون هیدروژن مصرف شده و به دنبال آن، غلظت یون هیدروژن کم می‌شود. این تغییر، موجب جابه‌جایی تعادل به سمت تولید یون بیشتر و در نتیجه افزایش میزان یونش اسید می‌گردد.

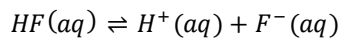
بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) آمونیاک یک باز ضعیف است و در آب به‌صورت تعادلی یونش می‌یابد. معادله این واکنش تعادلی به‌صورت زیر است:



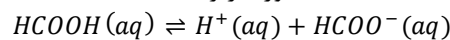
با افزودن آمونیوم نیترات (NH_4NO_3) به محلول این تعادل، غلظت یون آمونیوم افزایش می‌یابد. این تغییر، موجب جابه‌جایی تعادل به سمت تولید واکنش دهنده‌ها می‌شود که باعث کاهش غلظت یون هیدروکسید در محلول و کاهش pH محلول می‌شود.

۳) هیدروفلئوریک اسید با فرمول شیمیایی HF ، یک اسید ضعیف است که معادله یونش آن به‌صورت زیر است:



با افزودن سدیم فلئورید به این محلول، غلظت یون فلئورید موجود در این محلول افزایش می‌یابد که موجب جابه‌جایی تعادل به سمت چپ می‌شود. در این حالت یون هیدروژن مصرف و مقدار آن در محلول مورد نظر کاهش می‌یابد. این تغییر، مقدار pH محلول را زیاد می‌کند.

۴) واکنش تعادلی یونش فورمیک اسید به‌عنوان یک اسید ضعیف به‌صورت زیر است:



با افزودن آب خالص به یک تعادل آبی، واکنش به سمت تولید ذرات محلول بیشتر پیش می‌رود. در محلول فورمیک اسید نیز با افزودن آب، تعادل به سمت تولید یون‌های بیشتر در محلول می‌رود و موجب افزایش مقدار مول آن‌ها می‌شود. البته توجه داریم که چون حجم محلول نیز افزایش یافته است، در نهایت غلظت یون‌ها در محلول کاهش یافته و تنها مقدار مول آن‌ها بیشتر شده است.

◆ گروه آموزشی ماز ◆

۵- ثابت تعادل واکنش $Ca(OH)_2(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$ برابر $mol^3 \cdot L^{-3} \times 10^{-8} \times 6$ است. در این شرایط، انحلال‌پذیری کلسیم

هیدروکسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب با $pH = 12/3$ برابر چند میلی‌گرم است؟

(مقدار pH و حجم آب با انحلال کلسیم هیدروکسید تغییر نمی‌کند. $H = 1, O = 16, Ca = 40 : g \cdot mol^{-1}$)

۱/۱۱ (۴)

۱۷/۷۶ (۳)

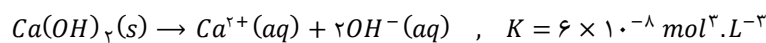
۱/۷۷۶ (۲)

۱۱/۱ (۱)

(متوسط - مسئله - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

واکنش انجام‌شده به‌صورت زیر است:



طی این فرایند، کلسیم هیدروکسید به یون‌های سازنده خود تفکیک می‌شود. در قدم اول، باید غلظت یون هیدروکسید را در محلول اولیه محاسبه کنیم. اگر pH محلولی برابر ۱۲/۳ باشد، غلظت یون هیدروکسید در آن برابر است با:

$$[OH^-] = 10^{pH-14} \Rightarrow [OH^-] = 10^{12/3-14} = 10^{1/3} \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$$



طبق فرض سؤال، pH و در نتیجه غلظت هیدروکسید ثابت بوده و غلظت یون کلسیم برابر غلظت کلسیم هیدروکسید حل شده در یک لیتر آب است. حال غلظت یون کلسیم را با استفاده از ثابت تعادل واکنش بالا حساب می‌کنیم:

$$K = [Ca^{2+}] \times [OH^-]^2 \Rightarrow 6 \times 10^{-8} = [Ca^{2+}] \times (2 \times 10^{-2})^2 \Rightarrow [Ca^{2+}] = \frac{6 \times 10^{-8}}{4 \times 10^{-4}} = 1/5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

پس در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از این آب، $1/5 \times 10^{-4}$ مول کلسیم هیدروکسید حل شده است. بنابراین در ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول مورد نظر، $1/5 \times 10^{-5}$ مول ترکیب یونی حل شده است. در نهایت جرم این مقدار ماده را حساب می‌کنیم:

$$? \text{ g Ca(OH)}_2 = 1/5 \times 10^{-5} \text{ mol Ca(OH)}_2 \times \frac{74 \text{ g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2} \times \frac{1000 \text{ mg Ca(OH)}_2}{1 \text{ g Ca(OH)}_2} = 1/11 \text{ mg}$$

پس انحلال‌پذیری کلسیم هیدروکسید در این آب برابر ۱/۱۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر از آن است.

گروه آموزشی ماز

۶- کدام یک از مطالب زیر نادرست است؟

- ۱) استفاده از کاتالیزورها در صنعت، می‌تواند موجب کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی شود.
- ۲) کاتالیزگری برای یک واکنش مناسب است که در حضور آن، واکنش ناخواسته‌ای رخ ندهد.
- ۳) کاتالیزگر یک واکنش، باید در شرایط انجام آن واکنش از نظر شیمیایی و گرمایی، پایدار باشد.
- ۴) کاتالیزورها، در واکنش‌های شیمیایی شرکت نکرده و جرم آن‌ها در ابتدا و انتهای واکنش یکسان است.

(آسان - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

کاتالیزورها موادی هستند که با کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها، سرعت انجام آن‌ها را افزایش می‌دهند. توجه داریم که کاتالیزورها در واکنش شرکت می‌کنند و مقدار آن‌ها در ابتدای واکنش کم می‌شود اما به مرور زمان تولید شده و مقدار آن‌ها افزایش می‌یابد تا مقدار ابتدایی و انتهایی آن‌ها در واکنش برابر شود. به همین خاطر می‌توان از کاتالیزگر بارها در انجام واکنش استفاده کرد.

ماده حد واسط

اگر مقدار یک ماده در ابتدا افزایش و سپس کاهش یابد، آن ماده یک حد واسط برای انجام واکنش است به گونه‌ای که در واکنش اول یک فرایند تولید و در واکنش بعدی مصرف می‌شود. برای مثال، هیدرازین در فرایندها و گاز کربن مونوکسید در تولید متانول از متان، چنین نقشی دارند. این در حالی است که یک کاتالیزگر ابتدا مصرف و سپس تولید می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

- ۱) کاتالیزورها با کم کردن مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها، موجب راحت‌تر انجام شدن آن‌ها و کاهش مصرف انرژی در صنایع می‌شوند. همچنین در بحث سرعت واکنش نیز کاتالیزورها با افزایش سرعت واکنش‌ها نیاز به افزایش دما به منظور افزایش سرعت واکنش‌ها را کم می‌کنند و از این طریق نیز موجب کاهش نیاز به مصرف انرژی و در نتیجه آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود.
- ۲) دو شرط برای آن که بتوان از کاتالیزگر در یک واکنش استفاده کرد این است که ماده مورد نظر در شرایط انجام واکنش پایدار باشد و همچنین در حضور آن واکنش ناخواسته‌ای رخ ندهد.
- ۳) برای آن که یک کاتالیزگر بتواند شرایط مناسب برای انجام یک واکنش را ایجاد کند، باید در شرایط واکنش پایداری شیمیایی و گرمایی داشته باشد.

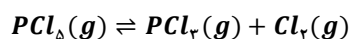
کاتالیزگر

کاتالیزورها موادی هستند که سرعت انجام واکنش‌ها را افزایش می‌دهند. این مواد در واکنش شرکت کرده و با تغییر مسیر انجام واکنش، موجب کاهش انرژی فعال‌سازی و به دنبال آن افزایش سرعت واکنش می‌شوند. اگر چه کاتالیزورها ابتدا در واکنش شرکت می‌کنند، اما دوباره تولید شده و مقدار آن‌ها عملاً در طول مراحل انجام شدن واکنش ثابت باقی می‌ماند. بر این اساس، کاتالیزورها می‌توانند در واکنش مورد نظر بارها استفاده شوند. کاتالیزگر چندین ویژگی دارد:

- ۱- اغلب به صورت اختصاصی عمل می‌کند؛ یعنی تنها برای همان واکنش شیمیایی در نقش کاتالیزگر است و روی سایر واکنش‌ها تأثیری ندارد. البته کاتالیزگر یک واکنش، کاتالیزگر واکنش برگشت همان واکنش نیز خواهد بود.
- ۲- در شرایط انجام واکنش، پایداری گرمایی و شیمیایی دارد و در حضور آن واکنش ناخواسته انجام نمی‌شود؛ یعنی کاتالیزگر در شرایط واکنش مصرف نمی‌شود.
- ۳- کاتالیزگر بیشترین سطح انرژی مواد (مواد تشکیل شده در قله نمودار انرژی) را کاهش می‌دهد و به دنبال آن انرژی فعال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت کاهش و سرعت هر دو واکنش را افزایش می‌دهد.
- ۴- کاتالیزگر بر آنتالپی واکنش، سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها، مقدار نهایی فرآورده تولید شده و مقدار ثابت تعادل واکنش تأثیری ندارد.

گروه آموزشی ماز

۷- در دو ظرف به حجم‌های ۱ و ۵ لیتر، به‌طور جداگانه ۱۵ مول گاز PCl_5 را گرم می‌کنیم تا تعادل شیمیایی زیر با ثابت تعادل 4 mol.L^{-1} برقرار شود. غلظت گاز کلر در ظرف ۵ لیتری چند برابر ظرف ۱ لیتری است؟



$$\frac{1}{3} \quad (۴)$$

$$\frac{5}{3} \quad (۳)$$

$$\frac{3}{5} \quad (۲)$$

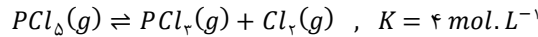
$$3 \quad (۱)$$



(متوسط - مسئله - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

معادله این واکنش تعادلی به صورت زیر است:



بر این اساس، ثابت تعادل آن برابر است با:

$$K = \frac{[PCl_3] \times [Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{n_{PCl_3} \times n_{Cl_2}}{n_{PCl_5}} \times V^{1-(1+1)} = \frac{n_{PCl_3} \times n_{Cl_2}}{n_{PCl_5}} \times \frac{1}{V}$$

در این واکنش به ازای مصرف x مول واکنش دهنده، x مول از هر یک از فرآورده‌ها حاصل می‌شود پس مقدار PCl_5 در حالت تعادل برابر $15 - x$ مول و مقدار دو ماده دیگر برابر x مول است. بر این اساس، مقدار مول کلر (x) را در دو ظرف واکنش محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{n_{PCl_3} \times n_{Cl_2}}{n_{PCl_5}} \times \frac{1}{V} \Rightarrow 4 = \frac{x^2}{15 - x} \times 1 \Rightarrow x^2 + 4x - 60 = 0$$

$$\Rightarrow (x - 6)(x + 10) = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 6 \\ x = -10 \text{ غیر قابل قبول} \end{cases}$$

$$K = \frac{n_{PCl_3} \times n_{Cl_2}}{n_{PCl_5}} \times \frac{1}{V} \Rightarrow 4 = \frac{x^2}{15 - x} \times \frac{1}{5} \Rightarrow x^2 + 20x - 300 = 0$$

$$\Rightarrow (x + 30)(x - 10) = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 10 \\ x = -30 \text{ غیر قابل قبول} \end{cases}$$

با توجه به حجم دو ظرف مجزا که این واکنش در آن‌ها انجام می‌شود، می‌توان گفت در ظرف یک لیتری، غلظت گاز برابر ۶ مولار و در ظرف ۵ لیتری نیز غلظت این گاز برابر ۲ مولار است. بر این اساس، نسبت خواسته شده برابر $\frac{1}{3}$ می‌باشد.

گروه آموزشی ماز

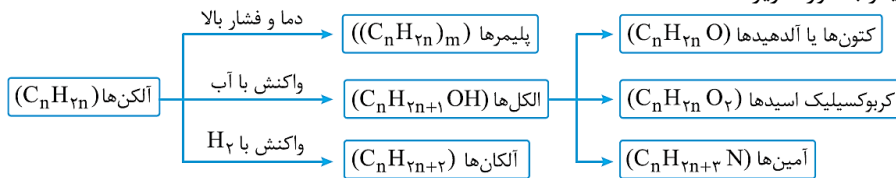
۸- کدام یک از مطالب زیر درست است؟

- (۱) در واکنش تولید آلدهید از الکل، علاوه بر الکل، به یک اکسنده مناسب نیز نیاز است.
- (۲) از واکنش اتن با گاز کلر، به منظور تولید افشانه بی‌حس‌کننده موضعی استفاده می‌شود.
- (۳) در سنتز یک ماده، شیمی‌دان‌ها به دنبال واکنش‌های پیچیده هستند تا فرایند پربازده باشد.
- (۴) الکل ضد عفونی‌کننده، بی‌رنگ و فرار است و از واکنش گاز اتن و آب در محیط بازی تولید می‌شود.

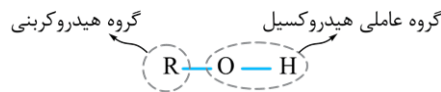
(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

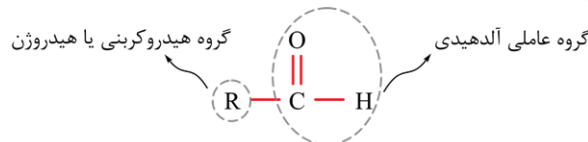
نمودار تبدیل مواد آلی به یکدیگر به صورت زیر است:



ساختار گروه عاملی الکی به صورت زیر است:



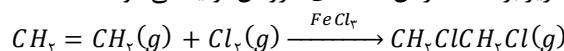
ساختار گروه عاملی آلدهیدی نیز به صورت زیر است:



عدد اکسایش اتم کربن گروه عاملی در الکل‌ها برابر با ۱، ۰ و یا صفر است در حالی که عدد اکسایش اتم کربن موجود در گروه عاملی در آلدهیدها برابر با صفر و یا ۱ است. پس در واکنش تبدیل الکل به آلدهید، اتم کربن گروه عاملی اکسایش می‌یابد و برای این اکسایش به یک اکسنده نیاز است. توجه داریم که عدد اکسایش سایر اتم‌های کربن در این واکنش تغییری نمی‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲) معادله واکنش گاز اتن و گاز کلر به صورت زیر بوده که در آن ۲،۱-دی‌کلرواتان تولید می‌شود:



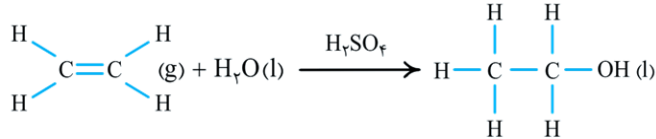


این در حالی است که ماده موجود در افشانه بی حس کننده موضعی کلرواتان نام دارد و از واکنش گاز اتن با گاز هیدروژن کلرید تولید می شود. معادله واکنش تولید این ماده به صورت زیر است:



۳ در سنتز و تولید یک ماده شیمیایی، شیمیدان ها در پی یافتن مواد مناسب، ارزان و دوست دار محیط زیست و همچنین واکنش های شیمیایی آسان و پربازده هستند تا هزینه تمام شده تولید یا سنتز را کاهش دهند. پس از آن دانش مهندسی برای تولید صنعتی آن ماده، فناوری لازم را طراحی و اجرا می کند.

۴ از واکنش گاز اتن با آب، اتانول حاصل می شود. کاتالیزگر این واکنش محلول سولفوریک اسید (H_2SO_4) است و واکنش در محیطی اسیدی انجام می شود:



اتانول، الکی دو کربنی، بی رنگ و فرار است که به هر نسبتی در آب حل می شود. این الکل یکی از مهم ترین حلال های صنعتی است که در تهیه مواد دارویی، بهداشتی و آرایشی به کار می رود. همچنین از این ماده به عنوان ضد عفونی کننده استفاده می شود.

گروه آموزشی ماز

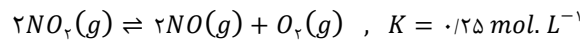
۹- مقدار ۴ مول نیتروژن دی اکسید مطابق واکنش تعادلی $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g), K = 0.125 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ در یک ظرف نیم لیتری تجزیه می شود. برای آن که بازده واکنش مورد نظر برابر با ۴۰ درصد باشد، چند گرم گاز اکسیژن باید از ظرف واکنش خارج شود؟ ($O = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

۱۰/۴ (۱) ۱۶/۶ (۲) ۰/۶ (۳) ۷/۶ (۴)

(متوسط - مسئله - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

معادله این تعادل به صورت زیر است:



بر این اساس، ثابت تعادل آن برابر است با:

$$K = \frac{[NO]^2 \times [O_2]}{[NO_2]^2} = \frac{(n_{NO})^2 \times n_{O_2}}{(n_{NO_2})^2} \times V^{2-(2+1)} = \frac{(n_{NO})^2 \times n_{O_2}}{(n_{NO_2})^2} \times \frac{1}{V}$$

بازده ۴۰ درصدی واکنش به معنای آن است که در این واکنش، ۴۰ درصد واکنش دهنده ها مصرف و به فرآورده تبدیل شده اند. پس از ۴ مول نیتروژن دی اکسید وارد شده به ظرف واکنش مورد نظر، مقدار ۱/۶ مول از آن مصرف شده و طی آن ۱/۶ مول گاز نیتروژن مونوکسید و ۰/۸ مول گاز اکسیژن تولید می شود طبق فرض سؤال، مقداری از گاز اکسیژن تولید شده تا لحظه برقراری تعادل از ظرف واکنش خارج شده و مقدار آن برابر ۰/۸ نیست. پس تنها تعداد مول های نیتروژن مونوکسید و نیتروژن دی اکسید در حالت تعادل را داریم که به ترتیب برابر با ۱/۶ و ۲/۴ مول هستند. بر این اساس مقدار گاز اکسیژن در تعادل را با استفاده از ثابت تعادل حساب می کنیم:

$$K = \frac{(n_{NO})^2 \times n_{O_2}}{(n_{NO_2})^2} \times V^{-1} \Rightarrow 0.125 = \frac{(1/6)^2 \times n_{O_2}}{(2/4)^2} \times 2 \Rightarrow \frac{1}{8} = \left(\frac{2}{3}\right)^2 \times n_{O_2} \Rightarrow n_{O_2} = \frac{9}{4} \times \frac{1}{8} = \frac{9}{32} \text{ mol}$$

جرم گاز اکسیژن باقیمانده در حالت تعادل، برابر است با:

$$? \text{ g } O_2 = \frac{9}{32} \text{ mol } O_2 \times \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 9 \text{ g}$$

پس در این واکنش ۲۵/۶ گرم گاز اکسیژن ($0/8 \times 32$) تولید شده که در حال حاضر ۹ گرم از آن ($\frac{9}{32} \times 32$) در ظرف تعادل وجود دارد، پس در طول برقراری تعادل ۱۶/۶ گرم اکسیژن از ظرف واکنش خارج شده است.

گروه آموزشی ماز

۱۰- کدام موارد از مطالب زیر در مورد پلاستیک ها درست هستند؟

الف: از واکنش اتانول با پلاستیک ساخته شده از PET، برای تبدیل این ماده به مونومرها استفاده می شود.

ب: این مواد چگالی کمی دارند، در برابر خوردگی مقاوم بوده و هم نسبت به آب و هم هوا، نفوذناپذیر هستند.

پ: در فرایند بازیافت پلاستیک، تولید پرک پیش از شستن و ذوب پلاستیک پس از شستن انجام می گیرد.

ت: می توان برخی از آن ها را به روش های فیزیکی و شیمیایی و برخی را تنها به روش های فیزیکی بازیافت کرد.

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

(متوسط - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

عبارت های (ب) و (ت) درست هستند.



بررسی موارد:

«الف»: یکی از راه‌های بازیافت پلاستیک‌های تولیدشده از پلی اتیلن ترفتالات، تبدیل کردن آن‌ها به مواد ساده‌تر است. این پلیمر در واکنش با متانول در شرایط مناسب، به مواد مفیدی که می‌توان آن‌ها را برای تولید پلیمرهای جدید به کار برد، تبدیل می‌شود. البته باید در نظر داشت مواد تولیدشده همان مونومرهای سازنده این پلیمر نیستند. برای آن که این مونومرها از این پلی‌استر به دست آیند، باید این ماده با آب واکنش دهد که واکنشی دشوار است و از نظر صنعتی، امکان‌پذیر نیست.

«ب»: پلاستیک‌ها به دلیل ویژگی‌هایی مانند چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی، کاربردهای وسیعی دارند و تولید و مصرف آن‌ها در طی سال‌های گذشته افزایش یافته است. به خاطر ویژگی‌های مناسب پلاستیک، سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن از این مواد در جهان تولید می‌شود و این روند رو به افزایش است.

«پ»: برای بازیافت مواد پلاستیکی، ابتدا آن‌ها را شسته و سپس ذوب کرده و دوباره از آن‌ها استفاده می‌کنند. همچنین می‌توان مواد پلاستیکی را پس از شست‌وشو به تکه‌های کوچک پرک تبدیل کرده و در ساخت مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. پس هم در روش ذوب پلاستیک و هم تولید پرک در بازیافت آن، اولین مرحله شستن پلاستیک است.

«ت»: از ۳ روش ذوب کردن، تولید پرک و تجزیه شیمیایی، می‌توان برای بازیافت پلاستیک تولیدشده از PET استفاده کرد که دو روش اول به صورت فیزیکی بوده و تبدیل به مواد ساده‌تر، روش شیمیایی است. اما برای پلاستیک تولیدشده از هیدروکربن‌های سیرنشده که پلیمرهای ماندگار محسوب می‌شوند، تنها می‌توان از بازیافت فیزیکی و دوباره به کارگیری آن‌ها استفاده کرد، زیرا واکنش‌پذیری آن‌ها ناچیز است و به‌طور معمول در واکنش‌ها شرکت نمی‌کنند.

گروه آموزشی ماز

۱۱- مقداری $COCl_2$ را در یک ظرف سر بسته قرار می‌دهیم تا تعادل $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$ با ثابت تعادل $36 \text{ mol}^2 \cdot L^{-2}$ برقرار شود. اگر $\frac{2}{3}$ گاز کلر موجود در ظرف واکنش را خارج کنیم، فشار مخلوط گازی درون ظرف واکنش در تعادل جدید به تقریب درصد از تعادل قبلی خواهد بود.

۵ (۴) - کمتر

۸ (۳) - کمتر

۸ (۲) - بیشتر

۵ (۱) - بیشتر

(سخت - مسئله - ۱۲۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

معادله این تعادل به صورت $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$ ، $K = 36 \text{ mol}^2 \cdot L^{-2}$ است. بر این اساس ثابت تعادل آن برابر است با:

$$K = [CO] \times [Cl_2]$$

با توجه به آن که در این واکنش، فراورده‌ای در ابتدای کار وجود نداشته و فراورده‌ها تنها از مصرف واکنش دهنده‌ها تولید می‌شوند، پس نسبت مولی آن‌ها در تعادل برابر نسبت ضریب آن‌ها در معادله واکنش است. اگر غلظت گاز Cl_2 را x مولار در نظر بگیریم، غلظت گاز CO نیز برابر x مولار خواهد بود. بر این اساس، مقدار مؤلفه x را حساب می‌کنیم:

$$K = [CO] \times [Cl_2] \Rightarrow 36 = x^2 \Rightarrow x = 6 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

پس غلظت گاز کلر و کربن مونوکسید و مجموع غلظت گازها در ظرف به ترتیب برابر با ۶، ۶ و ۱۲ مولار است. با خروج دو سوم گاز کلر از ظرف واکنش، غلظت آن به ۲ مولار می‌رسد و واکنش به سمت تولید این گاز می‌رود. جدول زیر تغییرات غلظت دو گاز موجود در تعادل را نشان می‌دهد:

	CO	Cl ₂
غلظت اولیه	۶	۲
تغییر در واکنش	+y	+y
غلظت نهایی	۶+y	۲+y

حال به کمک ثابت تعادل واکنش مورد نظر، مقدار y و در نتیجه غلظت تعادلی گازها را در تعادل جدید مشخص می‌کنیم:

$$K = [CO] \times [Cl_2] \Rightarrow 36 = (6 + y) \times (2 + y) \Rightarrow 36 = y^2 + 8y + 12 \Rightarrow y^2 + 8y - 24 = 0 \Rightarrow \begin{cases} y \approx 2/3 \\ y \approx -10/3 \end{cases}$$

غیر قابل قبول

پس غلظت گاز کلر و کربن مونوکسید و مجموع غلظت گاز در تعادل جدید به ترتیب برابر ۴/۳، ۸/۳ و ۱۲/۶ مولار است. با توجه به برابر بودن حجم و دما، نسبت فشار دو مخلوط گازی برابر نسبت مولی یا نسبت غلظت آن‌ها است. پس درصد افزایش فشار را حساب می‌کنیم:

$$A = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 = \frac{\text{مجموع غلظت گازها در تعادل اول} - \text{مجموع غلظت گازها در تعادل دوم}}{\text{مجموع غلظت گازها در تعادل اول}} \times 100 = \frac{12/6 - 12}{12} \times 100 = 5 \text{ درصد}$$

پس فشار گاز درون ظرف با این تغییر، ۵ درصد افزایش می‌یابد.

گروه آموزشی ماز

۱۲- اگر از گاز اکسیژن برای تولید ترفتالیک اسید از پارازایلین استفاده شود، برای تولید یک کیلوگرم ترفتالیک اسید به تقریب به چند گرم گاز اکسیژن نیاز است؟ ($H = 1, C = 12, O = 16 : g \cdot mol^{-1}$)

۴۸۲/۶ (۴)

۳۸۵/۵ (۳)

۲۷۱/۴ (۲)

۵۷۸/۳ (۱)



(آسان - مسئله - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

در واکنش تولید یک مول ترفتالیک اسید از پارازایلن، عدد اکسایش دو اتم کربن از ۳- به ۳+ می‌رسد. پس در این واکنش عدد اکسایش دو کربن در مجموع ۱۲ واحد افزایش می‌یابد و در نیم‌واکنش اکسایش نیز هر مول پارازایلن ۱۲ مول الکترون از دست می‌دهد. اگر اکسنده این واکنش گاز اکسیژن باشد، طی این فرایند عدد اکسایش هر اتم اکسیژن از صفر به ۲- می‌رسد. پس می‌توان گفت به ازای مصرف هر مول اکسنده (گاز اکسیژن)، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود بنابراین برای تولید یک مول ترفتالیک اسید از پارازایلن، ۱۲ مول الکترون میان اکسنده و کاهنده مبادله می‌شود و به ۳ مول گاز اکسیژن نیاز است. بر این اساس، جرم گاز اکسیژن مورد نیاز برای تولید ۱۰۰۰ گرم ترفتالیک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$? g O_2 = 1000 g C_8H_8O_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_8H_8O_4}{166 g C_8H_8O_4} \times \frac{3 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_8H_8O_4} \times \frac{32 g O_2}{1 \text{ mol } O_2} \approx 578/3 g$$

پس در این واکنش به تقریب ۵۷۸/۳ گرم گاز اکسیژن مصرف می‌شود.

◆ گروه آموزشی ماز ◆