



گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی

آزمون دوپینگ ماز | پایه دوازدهم



دوپینگ ماز

شیمی

ویژه کنکوری‌های ۱۴۰۵

دفترچه پاسخ

دوشنبه ۱۱ خردادماه ۱۴۰۵

درس	مسئول درس	طراحان	ویراستاران
شیمی	فرشاد هادیان فرد	فرشاد هادیان فرد - فرهنگ امیری عالیه میرزایی - طاهای حقیبین مهسا بایمانی نژاد - علی ترابی محمد دارابی جم - رامین رزمجو	فرهنگ امیری - رامین رزمجو محمد دارابی جم - طاهای حقیبین امیرعلی حسینی فرد - معید ایری

فصل ۱ و ۲ دهم	فصل ۳ دهم	فصل ۱ یازدهم	فصل ۲ یازدهم	فصل ۱ دوازدهم	فصل ۲ دوازدهم	فصل ۳ دوازدهم + فصل ۳ یازدهم	فصل ۴ دوازدهم
---------------	-----------	--------------	--------------	---------------	---------------	---------------------------------	---------------



مسیر حرفه‌ای جمع‌بندی تا کنکور ۱۴۰۵



برای شباهت حداکثری به کنکور، صفحه‌آرایی، فونت و حتی اندازه متن در تمامی آزمون‌های ماز، کاملاً یکسان با استاندارد دفترچه‌های کنکور در نظر گرفته می‌شود.

راهنمای پامفله آزمون ها

زمان پاسخگویی:

سریع (زیر ۱ دقیقه) | استاندارد (۱-۲ دقیقه) |
زمان بر (بیشتر از ۲ دقیقه).

پاسخ: گزینه ۱ (متوسط - خط به خط - استاندارد) - صفحه ۳ تا ۶ - ۱۰۰۱

سطح سؤال:

آسان (اعتماد به نفس) | متوسط (محک جدی)
دشوار (چالش رشد).

هشتگ سؤال:

شماره درس + شماره پایه
دسته بندی راحت تر سؤالات

سبک سؤال:

خط به خط (متن کتاب) | ترکیبی (چند مبحث) |
محاسباتی (فرمول ودقت) | مفهومی (درک عمیق).

شماره صفحه:

منبع اصلی رو راحت پیدا کنید.

ویژگی های آزمون دوپینگ

پهروسی سریع



«بابت نگاه صرفه ای، دلیل درست بودن یا نبودن گزینه ها را در لحظه ببینید و درون اقلای وقت، پرونده هر سؤال را با یادگیری کامل ببینید!»

پاسخنامه کامل



«یک نقشه راه دقیق و گام به گام که پیچیده ترین مسائل موضوع را بازمی کند تا هیچ ابهامی در مسیر موفقیت تان باقی نماند.»

نکات و دام های گنگوری



«در دام سؤالات نغیفتید! ما ترغدهای طراحان سوال و مفاهیم کلیدی رو بهتون یاد می دیم تا با آمادگی کامل، همه سؤالات رو جواب بدید.»

کپسول دوپینگ



آماده یک انفجار یادگیری باشید!

«با کپسول دوپینگ "کلید موفقیت در دستان شماست! با مرور سریع و کار بردی نکات، از پس هر سوالی برآید و در آزمون ها بدرخشید!»

دانش‌پور دوبینگ

مطالب فصل ۴ شیمی دوازدهم رو به صورت زیر می‌تونیم تقسیم‌بندی کنیم:

توصیه ویژه این سرفصل	اهمیت مفاهیم	اهمیت مسائل	صفحه کتاب درسی	تیتراژ	فصل ۴ دوازدهم
این‌که بدونی هر آلاینده چطور تولید میشه، خیلی مهمه.	★	—	۹۱ تا ۹۶	هوای پاک	
با ساختار انواع مبدل‌های کاتالیستی آشنا باش!	★ ★ ★	★	۹۶ تا ۱۰۲	انرژی فعال‌سازی	
در کنکور اغلب سال‌ها، یک سؤال از بحث محاسبه ثابت تعادل داریم.	★	★ ★ ★ ★ ★	۱۰۳ تا ۱۰۴	ثابت تعادل واکنش‌ها	
از عوامل مؤثر بر جابه‌جایی تعادل، به‌خصوص بحث تغییر دما، در کنکور اغلب سال‌ها سؤال داریم.	★ ★ ★ ★ ★	★ ★	۱۰۴ تا ۱۱۰	عوامل مؤثر بر تعادل	
فراورده‌های حاصل از اتن رو دقیق بشناس!	★ ★ ★	★	۱۱۱ تا ۱۱۵	فناوری‌های شیمیایی	
با ساختار پلی‌اتیلن ترفتالات و روش بازیافت اون به کمک متانول آشنا باش!	★ ★ ★	★	۱۱۵ تا ۱۲۱	پلی‌اتیلن ترفتالات	

توصیه‌های دوبینگ

پیش‌بینی طراح...

در کنکور، از بحث‌های مربوط به مبدل‌های کاتالیستی، محاسبه ثابت تعادل واکنش‌ها و عوامل مؤثر بر تعادل‌های شیمیایی، به احتمال زیاد سؤال مطرح میشه! علاوه بر این مطالب، از بحث ساختار پلی‌اتیلن ترفتالات هم احتمال طرح سؤال در کنکور سؤال داریم.

اگر دنبال درس‌های آسان‌تر هستید...

از فصل ۴ شیمی دوازدهم، مطالب مربوط به انرژی فعال‌سازی و انواع مبدل‌های کاتالیستی و فناوری‌های شیمیایی رو بیشتر کار کنید.

اگر زمان کمی دارید...

از فصل ۴ شیمی دوازدهم، مطالب مربوط به انرژی فعال‌سازی و انواع مبدل‌های کاتالیستی، فناوری‌های شیمیایی و پلی‌اتیلن ترفتالات رو خیلی خوب مرور کنید.

سفن مسئول درس

سلام به دانش‌آموزان عزیز

مطالب مربوط به فصل ۴ شیمی دوازدهم، به‌طور میانگین ۸٪ از سؤالات کنکور رو تشکیل میدن! بحث مربوط به محاسبه ثابت تعادل، پایه ثابت مسائل شیمی کنکور هست و توجه کنید که در کنکور چند سال اخیر، خیلی از سؤالات این مبحث آسون بودن و بچه‌ها به راحتی می‌تونستن این سؤال رو حل کنن. علاوه بر این، از بحث عوامل مؤثر بر جابه‌جایی تعادل هم اغلب یک سؤال در کنکور میاد که اگر به شکل مفهومی باشه، خیلی آسونه اما اگر به شکل مسئله باشه، ممکنه درجه سختی بالایی داشته باشه. توصیه می‌کنم قسمت نهایی این فصل که مربوط به شیمی آلی هست رو هم حتماً خیلی دقیق بخونید چون اغلب سؤالات حفظی و آسون از این قسمت مطرح میشه ...

دکتر فرشاد هادیان‌فرد

۱- کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

- (۱) در بین فناوری‌های شیمیایی، فناوری تولید مواد عایق گرما قبل از ویتامین A ایجاد شد.
- (۲) یک نمونه از هوای آلوده شهرهای بزرگ، نوعی محلول گازی بوده و حلال آن گاز اکسیژن است.
- (۳) با گرم شدن هوا در طول تابستان، لایه قهوه‌ای روشن سطح شهرهای بزرگ بهتر دیده می‌شود.
- (۴) فناوری تصفیه آب، همانند تولید پاک‌کننده‌های صابونی، از گسترش بیماری‌هایی مانند وبا جلوگیری می‌کند.

پاسخ: گزینه ۴

(آسان - خط به خط - سریع ۵ - صفحه ۹۴ - ۱۲۰۴)

بیماری وبا، از طریق آب آلوده بین افراد منتقل می‌شود. فناوری تصفیه آب، مانع گسترش بیماری‌هایی از جمله وبا در جهان شده است. در گذشته به دلیل عدم دسترسی، کمبود یا استفاده نکردن از صابون، سطح بهداشت فردی و همگانی بسیار پایین بود، به‌طوری‌که بیماری‌های گوناگون به سادگی در جهان گسترش می‌یافت. برای نمونه، وبا یک بیماری واگیردار است که به دلیل آلوده شدن آب و نبود بهداشت شایع می‌شود. این بیماری در طول تاریخ بارها در جهان همه‌گیر شد و جان میلیون‌ها انسان را گرفت و هنوز هم می‌تواند برای هر جامعه، تهدیدکننده باشد. ساده‌ترین و مؤثرترین راه پیشگیری از این بیماری، رعایت بهداشت فردی و همگانی است.

فناوری‌های شیمی

دانش شیمی و فناوری‌های آن، نقش پررنگی در گذر از تنگناها و رسیدن به زندگی مدرن امروزی داشته است. در این علم، با استفاده از فناوری‌های مختلف، مواد و فرایندهایی ساخته می‌شوند تا زندگی انسان ارتقا پیدا کند. برخی از فناوری‌های مهم شیمیایی و نتایج حاصل از آن‌ها به شرح زیر هستند:

تصفیه آب ← جلوگیری از گسترش انواع بیماری‌ها از جمله وبا

تولید بنزین ← سرعت دادن به فرایند حمل و نقل در جهان

تولید پلاستیک ← دگرگون کردن صنعت تولید پوشاک و صنعت بسته‌بندی مواد غذایی و دارویی

شناسایی و تولید مواد بی‌حس‌کننده و آنتی‌بیوتیک ← هموار شدن راه برای انجام جراحی‌های گوناگون

شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب ← تأمین غذای جهان

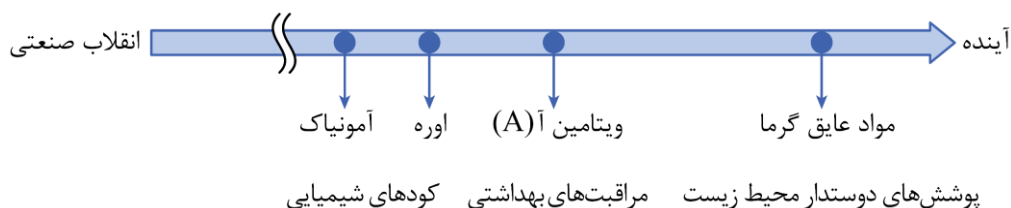
مبدل‌های کاتالپستی ← کاهش دادن آلودگی‌های ناشی از مصرف بنزین

صنایع الکترونیک ← گسترش فناوری تولید صفحه‌های نمایشگر در وسایل الکترونیکی

با این‌که استفاده درست از دانش و فناوری، آسایش و رفاه را در زندگی تأمین می‌کند، اما استفاده نادرست از آن، آثار مخرب‌تر و زیان‌بارتری به دنبال خواهد داشت. مثلاً تولید کودهای شیمیایی استفاده درست و به کار بردن سلاح شیمیایی، استفاده نادرست از دانش و فناوری را نشان می‌دهند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) با توجه به کارآمدی علوم تجربی، بسیاری بر این باورند که این علوم و از جمله دانش شیمی و فناوری‌های آن می‌توانند آینده روشنی را برای جهان رقم بزنند. نمودار زیر روند زمانی برخی از فناوری‌های شیمیایی را نشان می‌دهد.



همان‌طور که مشخص است، ایجاد فناوری مربوط به تولید ویتامین (A)، قبل از تولید مواد عایق گرما بوده است.

کودهای 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 فراورده‌های کشاورزی است که با شناسایی، تولید و افزودن کودهای شیمیایی مناسب به خاک، می‌تواند محقق شود. فناوری مربوط به تولید کودهای شیمیایی، از جمله مهم‌ترین فناوری‌های ساخته شده توسط بشر است. 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 به‌طور مستقیم از هوا جذب کنند. به همین خاطر، نیتروژن را باید در قالب ترکیبات نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود. به‌عنوان مثال، در برخی از کشورها آمونیاک مایع را به‌عنوان کود شیمیایی به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

۲

در یک محلول، جزئی به‌عنوان حلال شناخته می‌شود که شمار مول‌های بیشتری داشته باشد. هوای پاک نوعی محلول گازی است که نیتروژن در آن حلال است، چراکه درصد مولی گاز نیتروژن در هوای پاک، از سایر گازها بیشتر است. هوای آلوده نوعی مخلوط غیر همگن است؛ چراکه غلظت آلاینده‌های آن از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت است و نمی‌توان آن را نوعی مخلوط همگن (محلول) به شمار آورد.

انواع مخلوطها

نمودار زیر ویژگی انواع مخلوطها را نمایش می‌دهد:



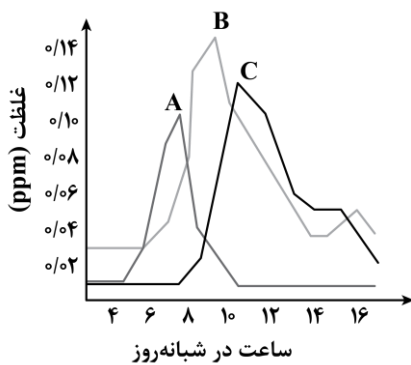
۳

لایه قهوه‌ای روشن موجود در هوای شهرهای بزرگ، به‌خاطر تجمع گاز نیتروژن دی‌اکسید در هوا است. این لایه گازی قهوه‌ای رنگ، با سرد شدن هوا در زمستان بهتر دیده می‌شود.

هوا

هوای خشک و پاک مخلوطی از گازهای گوناگون است که به‌طور یکنواخت در هواکره پخش شده‌اند. این در حالی است که هوای آلوده افزون بر این گازها، حاوی گازهای گوناگونی مانند SO_2 ، NO_2 و CO است که اغلب خطرناک بوده و آلاینده هستند. به دلیل وجود این آلاینده‌ها، هوای آلوده بوی بدی دارد، چهره شهر را زشت می‌کند، فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها را سرعت می‌بخشد و سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم، سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود. هوای آلوده، باعث تولید باران‌های اسیدی نیز می‌شود.

۲- نمودار مقابل، غلظت گازهای اوزون، نیتروژن مونوکسید و نیتروژن دی اکسید را در هوای یک شهر بزرگ نشان می دهد.



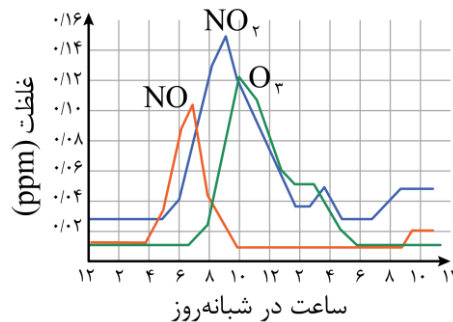
بر این اساس، کدام یک از گزینه های زیر درست است؟

- (۱) بیشترین غلظت گاز اوزون، بالاتر از بیشترین غلظت دو گاز دیگر است.
- (۲) در ساختار گازی که زودتر از سایر گازها به حداکثر غلظت خود می رسد، ۲ پیوند اشتراکی وجود دارد.
- (۳) آلوتروپ پایدارتر گازی که در حدود ساعت ۱۰ صبح به بیشترین غلظت خود می رسد، خاصیت گندزدایی دارد.
- (۴) در ابتدای صبح، غلظت گاز تولید شده در مرحله اول تولید اوزون تروپوسفری، دیرتر از سایر گازها شروع به افزایش می کند.

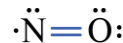
(متوسط - مفهومی - استاندارد - صفحه ۹۴ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

گازهای اوزون، نیتروژن مونوکسید و نیتروژن دی اکسید، از جمله آلاینده های موجود در هوای شهرهای بزرگ هستند. نمودار زیر غلظت این سه گاز را در ساعت های مختلف شبانه روز نشان می دهد:



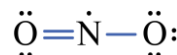
غلظت گاز نیتروژن مونوکسید زودتر از دو گاز دیگر به حداکثر غلظت خود می رسد. آرایش لوویس این مولکول به صورت زیر است:



همان طور که مشخص است، در ساختار نیتروژن مونوکسید، ۲ پیوند اشتراکی حضور دارد. توجه داریم که در ساختار این گونه، الکترون جفت نشده حضور داشته و به همین دلیل، این ماده از جمله رادیکال های آزاد است. گونه های رادیکال موادی با واکنش پذیری بسیار بالا و ناپایدار هستند که غلظت بالای آن ها در بدن انسان، آسیب زا است.

بررسی سایر گزینه ها:

① بیشترین غلظت گاز نیتروژن دی اکسید در هوای شهر، بالاتر از بیشترین غلظت دو گاز دیگر است. آرایش لوویس این مولکول به صورت زیر است:



نیتروژن دی اکسید نیز همانند نیتروژن مونوکسید از جمله مواد رادیکال به شمار می رود.

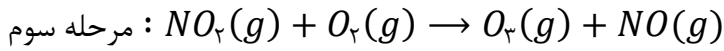
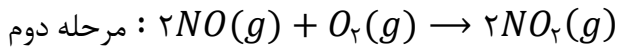
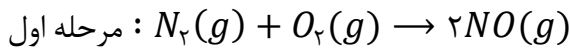
③ اوزون در ساعت ۱۰ صبح به بیشترین غلظت خود می رسد. توجه داریم که آلوتروپ پایدارتر نسبت به اوزون، گاز اکسیژن است. این در حالی است که گندزدایی میوه ها و سبزیجات از جمله کاربردهای اوزون است.

اوزون

در لایه اوزون، گاز اوزون با برخورد امواج فرابنفش خورشیدی، به **یک اتم اکسیژن** و **یک مولکول اکسیژن** تبدیل می شود. این فرآورده ها در واکنش با یکدیگر، مجدداً گاز **اوزون** به همراه امواج **فروسرخ** را تولید می کنند. با انجام مداوم این واکنش ها، جانداران کره زمین از امواج مضر **فرابنفش** محافظت می شوند. بر این اساس، می توان گفت در لایه **استراتوسفر**، با نقش **مفید** گاز اوزون مواجه هستیم. این در حالی است که در **تروپوسفر** با تأثیر **زیان بار** گاز اوزون مواجه هستیم، به طوری که وجود این گاز در هوایی که تنفس می کنیم، سبب سوزش چشمان و آسیب دیدن ریه ها می شود. البته در تروپوسفر از این گاز برای گندزدایی میوه ها و سبزیجات استفاده می شود.

۴

واکنش‌های انجام شده برای تولید اوزون تروپوسفری به صورت زیر هستند:



در مرحله اول این واکنش، گاز نیتروژن مونوکسید تولید می‌شود. این گاز در ابتدای صبح، زودتر از سایر گازها شروع به افزایش غلظت می‌کند. توجه داریم که این گاز، در موتور خودروها و از واکنش میان گازهای نیتروژن و اکسیژن تولید می‌شود.

کپسول دوپینگ | نمودار غلظت آلاینده‌ها در هوای شهرهای بزرگ

از صبح تا غروب، حضور آلاینده‌ها بیشتر است.

از ساعت ۴ صبح، غلظت نیتروژن مونوکسید افزایش می‌یابد و در ساعت ۷ صبح به اوج خود می‌رسد.

از ساعت ۵ صبح، غلظت نیتروژن دی‌اکسید افزایش می‌یابد و در ساعت ۹ صبح به اوج خود می‌رسد.

از ساعت ۷ صبح، غلظت اوزون افزایش می‌یابد و در ساعت ۱۰ صبح به اوج خود می‌رسد.

مقایسه بیشترین غلظت هر کدام از گازها به صورت $NO_2 > O_3 > NO$ است.



۳- در نمودار انرژی-پیشرفت یک واکنش، تفاوت سطح انرژی قله تا فراورده‌ها، ۳ برابر تفاوت سطح انرژی قله تا واکنش‌دهنده‌ها است. اگر پس از به کار بردن کاتالیزگر، تفاوت سطح انرژی قله تا فراورده‌ها، ۱۱ برابر تفاوت سطح انرژی قله تا واکنش‌دهنده‌ها بشود، این کاتالیزگر، مقدار انرژی فعال‌سازی را به اندازه چند درصد کاهش داده است؟

۲۰ (۴)

۸۰ (۳)

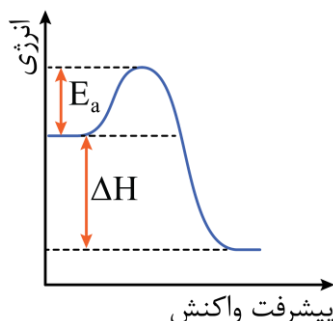
۲۵ (۲)

۷۵ (۱)

(متوسط - محاسباتی - استاندارد - صفحه ۹۹ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

هر واکنش، برای انجام شدن به حداقلی از انرژی نیاز دارد. در واقع برای اینکه یک واکنش شیمیایی آغاز شود، باید واکنش‌دهنده‌ها مقدار معینی انرژی داشته باشند. به این مقدار انرژی، **انرژی فعال‌سازی** گفته می‌شود. طبق فرض سؤال، تفاوت سطح انرژی قله تا فراورده‌ها، بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها است، پس این واکنش شیمیایی **گرماده** است. بر این اساس، نمودار انرژی-پیشرفت واکنش به صورت زیر می‌شود:



با توجه به نمودار، تفاوت سطح انرژی فراورده‌ها با قله انرژی، برابر با مجموع انرژی فعال‌سازی (E_a) و قدر مطلق آنتالپی واکنش ($|\Delta H|$) است. توجه داریم که در یک واکنش شیمیایی، به کار بردن کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی را **کاهش** داده ولی بر مقدار آنتالپی واکنش (ΔH) تأثیری ندارد.

طبق فرض سؤال، در حالتی که کاتالیزگر در سامانه واکنش وجود نداشته باشد، داریم:

$$|\Delta H| + E_{a_1} = 3E_{a_1} \implies E_{a_1} = \frac{1}{2} |\Delta H|$$

در حالتی که از کاتالیزگر استفاده شود، داریم:

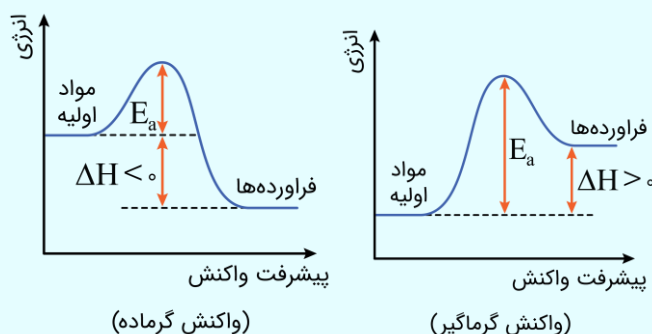
$$|\Delta H| + E_{a_2} = \frac{1}{3} E_{a_1} \implies E_{a_2} = \frac{1}{3} |\Delta H|$$

بر این اساس، می‌توان گفت انرژی فعال‌سازی اولیه (E_{a_1}) واکنش معادل با نصف قدر مطلق تغییر آنتالپی و انرژی فعال‌سازی نهایی (E_{a_2}) واکنش نیز معادل با $\frac{1}{3}$ قدر مطلق تغییر آنتالپی است. در پایان درصد کاهش انرژی فعال‌سازی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد کاهش انرژی فعال‌سازی} = \frac{E_{a_1} - E_{a_2}}{E_{a_1}} \times 100 = \frac{\frac{1}{2} |\Delta H| - \frac{1}{3} |\Delta H|}{\frac{1}{2} |\Delta H|} \times 100 = \frac{\frac{1}{6} |\Delta H|}{\frac{1}{2} |\Delta H|} \times 100 = \frac{1}{3} \times 100 = 33.3\%$$

انرژی فعال‌سازی

هر واکنش (چه واکنش‌های گرماگیر و چه واکنش‌های گرماده)، برای انجام شدن به حداقلی از انرژی نیاز دارد. در واقع برای اینکه یک واکنش شیمیایی آغاز شود باید واکنش‌دهنده‌ها مقدار معینی انرژی داشته باشند. به این مقدار مشخص و معین انرژی برای آغاز واکنش‌ها، انرژی فعال‌سازی واکنش می‌گویند. انرژی فعال‌سازی را با E_a نشان می‌دهند و یکای آن کیلوژول است. یکی از راه‌های تأمین انرژی فعال‌سازی، دادن گرما به واکنش‌دهنده‌ها است. با افزایش دما، سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها افزایش یافته و می‌توانند از سد انرژی عبور کنند. توجه داریم که در این روش انرژی فعال‌سازی **کاهش** پیدا نکرده و صرفاً تأمین شده است. به دو نمودار زیر در رابطه با واکنش‌های مختلف توجه کنید:



یکی از راه‌های افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی، استفاده از **کاتالیزگرها** است. کاتالیزگرها با کاهش انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش را **افزایش** می‌دهند و در پایان واکنش نیز **دست‌نخورده** باقی می‌مانند. در واقع انرژی فعال‌سازی با سرعت انجام واکنش رابطه عکس دارد. برای مثال یک نمونه از گاز هیدروژن در دمای اتاق با اکسیژن واکنش نمی‌دهد اما یک نمونه از فسفر سفید در دمای اتاق به سرعت با گاز اکسیژن موجود واکنش داده و می‌سوزد. پس می‌توان نتیجه گرفت که انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن فسفر سفید **بسیار پایین‌تر** از انرژی فعال‌سازی سوختن گاز **هیدروژن** است.

کنکورشناسی: این سؤال به سبک یکی از سؤال‌های کنکور سراسری ۱۴۰۴ طراحی شده است.

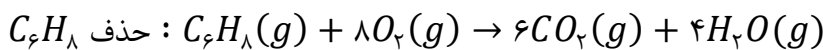
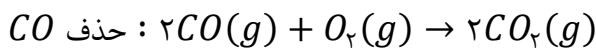
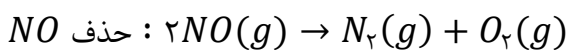
۴- با توجه به جدول زیر، اگر فرمول تقریبی هیدروکربن‌های نسوخته خارج شده از آگزوز خودرو به صورت C_xH_y باشد، چند درصد از گاز اکسیژن مصرف شده در واکنش حذف کربن مونوکسید و هیدروکربن‌ها در مبدل کاتالیستی، در واکنش حذف گاز نیتروژن مونوکسید تولید می‌شود؟ ($H = 1, O = 16, N = 14, C = 12 : g.mol^{-1}$)

فرمول شیمیایی آلاینده		CO	C_xH_y	NO
مقدار آلاینده ($g.km^{-1}$)	در نبود مبدل	۶/۲	۲/۰۸	۱/۰۳
	در حضور مبدل	۰/۶	۰/۰۸	۰/۰۴
۱۵ (۱)	۷/۵ (۲)	۱۱ (۳)	۵/۵ (۴)	

(سخت - محاسباتی - زمان‌بر - صفحه ۱۰۱ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

معادله موازنه شده واکنش‌های حذف آلاینده‌های تولیدشده در حضور مبدل کاتالیستی به صورت زیر است:



برای حل سؤال ابتدا فرض می‌کنیم که خودرو ۱ کیلومتر حرکت کرده است. با توجه به جدول داده شده، در حضور و نبود مبدل کاتالیستی، در طی مسافت یک کیلومتر توسط خودرو، به ترتیب ۰/۶ و ۶/۲ گرم گاز کربن مونوکسید تولید می‌شود. پس می‌توان گفت مبدل کاتالیستی در این بین ۵/۶ ($6/2 - 0/6$) گرم از گاز کربن مونوکسید تولید شده را حذف کرده است. حال مقدار اکسیژن مصرف شده در واکنش حذف کربن مونوکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$? mol O_2 = 5/6 g CO \times \frac{1 mol CO}{28 g CO} \times \frac{1 mol O_2}{2 mol CO} = 0/1 mol$$

با توجه به جدول داده شده، در حضور و نبود مبدل کاتالیستی، در طی مسافت یک کیلومتر توسط خودرو به ترتیب ۰/۰۸ و ۲/۰۸ گرم هیدروکربن نسوخته تولید می‌شود. پس می‌توان گفت مبدل کاتالیستی در این بین ۲ ($2/08 - 0/08$) گرم از هیدروکربن نسوخته تولید شده را حذف کرده است. حال مقدار اکسیژن مصرف شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? mol O_2 = 2 g C_6H_8 \times \frac{1 mol C_6H_8}{80 g C_6H_8} \times \frac{8 mol O_2}{1 mol C_6H_8} = 0/2 mol$$

با توجه به محاسبات انجام شده، مجموعاً ۰/۳ مول گاز اکسیژن در این دو واکنش مصرف شده است. با توجه به جدول داده شده، در حضور و نبود مبدل کاتالیستی، در طی مسافت ۱ کیلومتر توسط خودرو به ترتیب ۰/۰۴ و ۱/۰۳ گرم گاز نیتروژن مونوکسید تولید می‌شود. واکنش حذف این گاز به صورت زیر است:



پس می‌توان گفت مبدل کاتالیستی در این بین ۰/۹۹ ($1/03 - 0/04$) گرم از گاز نیتروژن مونوکسید تولید شده را حذف کرده است. حال مقدار اکسیژن تولید شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

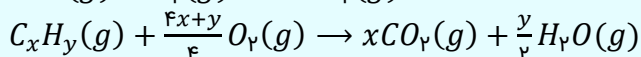
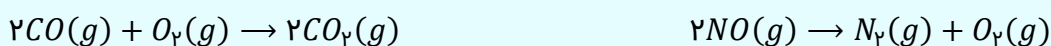
$$? mol O_2 = 0/99 g NO \times \frac{1 mol NO}{30 g NO} \times \frac{1 mol O_2}{2 mol NO} = 0/0165 mol$$

در پایان نسبت خواسته شده را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد} = \frac{0/0165}{0/3} \times 100 = 5/5 \quad \text{درصد اکسیژن تولید شده به مصرف شده}$$

مبدل کاتالیستی

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



هر سه واکنش مطرح‌شده، گرما ده بوده و 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.



۵- کدام موارد از عبارت‌های زیر درست هستند؟

- الف - اغلب آلاینده‌های موجود در هواکره، رنگی بوده و می‌توان آن‌ها را با چشم دید.
 ب - در طیف‌سنجی فروسرخ، اتانول و دی‌متیل اتر، گستره یکسانی از پرتوها را جذب خواهند کرد.
 ج - انرژی فعال‌سازی یک واکنش را با E_a نشان داده و مقدار آن در واکنش‌های گرماگیر و گرما ده مثبت است.
 د - آتش گرفتن یک کبریت با کشیدن آن روی سطح قوطی کبریت، نشان‌دهنده تأمین انرژی فعال‌سازی این فرایند است.
 (۱) «الف» و «ج» (۲) «ب» و «د» (۳) «الف» و «ب» (۴) «ج» و «د»

(آسان - مفهومی - سریع - صفحه ۹۷ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

عبارت‌های (ج) و (د) درست هستند.

بررسی موارد:

- الف) هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که اغلب بی‌رنگ هستند و نمی‌توان به آسانی وجود آن‌ها را تشخیص داد. همچنین نوع آلاینده‌ها و مقدار هر یک از آن‌ها در شهرهای گوناگون متفاوت است. برای تشخیص وجود آلاینده‌های مختلف و تعیین غلظت این مواد در هوای شهرها، از روش‌های مختلف از جمله روش طیف‌سنجی استفاده می‌شود.
- ب) اتانول نوعی الکل بوده و دی‌متیل اتر نخستین عضو خانواده اترها است. این دو ماده فرمول شیمیایی یکسانی داشته (C_2H_6O) و ایزومر هستند. به دلیل وجود داشتن گروه عاملی متفاوت در ساختار این دو ترکیب آلی، این مواد قطعاً گستره متفاوتی از پرتوهای الکترومغناطیسی را جذب خواهند کرد.
- ج) انرژی فعال‌سازی، معادل با مقدار انرژی است که هر واکنش برای شروع به آن نیاز دارد. این انرژی را با نماد E_a نشان می‌دهند. با توجه به اینکه این انرژی در همه واکنش‌ها مصرف می‌شود، پس می‌توان گفت مقدار آن همیشه مثبت است.
- د) هنگامی که نوک کبریت روی سطح زبر قوطی کبریت کشیده شود، بر اثر اصطکاک گرما تولید می‌شود. این گرما انرژی فعال‌سازی واکنش شیمیایی انجام شده را تأمین می‌کند.

طیف‌سنجی فروسرخ

طیف‌سنجی یک روش شناسایی و بررسی ساختار مواد بر اساس **برهم‌کنش** میان ماده و پرتوهای **الکترومغناطیسی** است. اگر از پرتوهای فروسرخ در این روش استفاده شود، نام این روش **طیف‌سنجی فروسرخ** 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. برای مثال، 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 فروسرخ 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.

کپسول دوبینگ | طیف‌سنجی

یکی از رفتار مواد، برهم‌کنش آن‌ها با پرتوهای الکترومغناطیسی است که پایه روش‌های گوناگون طیف‌سنجی است.

در طیف‌سنجی فروسرخ، برهم‌کنش مواد با پرتوهای فروسرخ بررسی می‌شود.

از طیف‌سنجی فروسرخ برای شناسایی گروه‌های عاملی استفاده می‌شود.

زیرا هر کدام از گروه‌های عاملی گستره معینی از پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کنند.

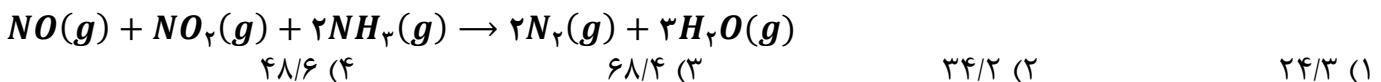
از طیف‌سنجی فروسرخ برای شناسایی آلایندگی‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره استفاده می‌شود.

از طیف‌سنجی در رشته‌های دیگر مانند پزشکی (MRI) نیز استفاده می‌شود.

با استفاده از طیف‌سنجی‌های پیشرفته، آرایش الکترونی اتم‌هایی که از قاعده آفبا پیروی نمی‌کنند تعیین شده‌اند.



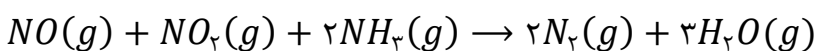
۶- اکسیدهای نیتروژن در یک خودروی دیزلی، توسط معادله زیر حذف می‌شوند. با استفاده از ۴۰/۳۲ لیتر گاز آمونیاک در شرایط استاندارد، می‌توان چند گرم از اکسیدهای نیتروژن را در اگروز این خودرو حذف کرد؟ ($O = 16, N = 14 : g. mol^{-1}$)



(متوسط - محاسباتی - استاندارد - صفحه ۱۰۲ - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳ 

معادله موازنه شده واکنش انجام شده به صورت زیر است:



به ازای مصرف ۲ مول گاز آمونیاک در این واکنش (۴۴/۸ لیتر از آن در شرایط استاندارد)، ۱ مول گاز نیتروژن مونوکسید (معادل با ۳۰ گرم از آن) و ۱ مول گاز نیتروژن دی‌اکسید (معادل با ۴۶ گرم از آن) نیز مصرف می‌شود. پس می‌توان گفت به ازای مصرف ۴۴/۸ لیتر آمونیاک، مجموعاً ۷۶ گرم از اکسیدهای نیتروژن در این واکنش مصرف شده و از گاز خروجی حذف می‌شوند. در پایان مقدار خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? g \text{ اکسید نیتروژن} = \frac{40/32 L NH_3}{22/4 L NH_3} \times \frac{1 mol NH_3}{2 mol NH_3} \times \frac{76 g \text{ اکسید نیتروژن}}{2 mol NH_3} = 68/4 g$$

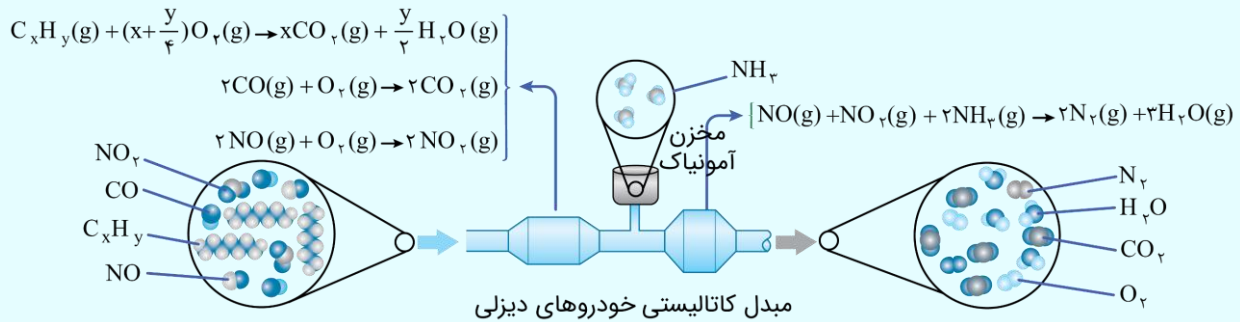
برای حل این سؤال از روش تناسب نیز داریم:

$$\frac{\text{حجم گاز آمونیاک}}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} = \frac{\text{جرم اکسیدها}}{(\text{ضریب} \times \text{جرم مولی})_{NO} + (\text{ضریب} \times \text{جرم مولی})_{NO_2}} \Rightarrow \frac{40}{32} \times 2 = \frac{\text{جرم اکسیدها}}{(30 \times 1) + (46 \times 1)}$$

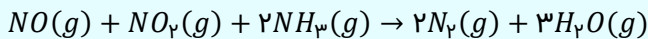
$$\Rightarrow \text{جرم اکسیدها} = 68/4 g$$

مبدل کاتالیستی خودروی دیزلی

در خودروها، برای کاهش غلظت آلاینده‌های ورودی به هواکره، از مبدل‌های کاتالیستی استفاده می‌شود. مبدل کاتالیستی با تأمین شرایط برای انجام واکنش‌هایی که موجب کاهش مقدار آلاینده‌ها می‌شوند، سبب کمتر آلوده شدن هواکره می‌شود. یکی از مبدل‌های کاتالیستی که کارایی بخصوصی دارد، مبدل کاتالیستی است که در خودروهای دیزلی کاربرد دارد. در این خودروها، علاوه بر هیدروکربن‌های نسوخته، کربن مونوکسید و حجم بسیار زیادی از اکسیدهای نیتروژن نیز تولید می‌شوند که نیازمند یک راه‌حل ویژه برای حذف هستند. تصویر زیر این مبدل کاتالیستی را نمایش می‌دهد:



همان‌طور که مشخص است، حذف آلاینده‌ها در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول، آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و هیدروکربن‌های نسوخته با اکسیژن واکنش داده و به فراورده‌های کم‌خطرتر تبدیل می‌شوند. در مرحله دوم نیز با اضافه شدن آمونیاک به محفظه، اکسیدهای نیتروژن با شرکت در واکنش زیر به گاز نیتروژن و بخار آب تبدیل می‌شوند:



کپسول دوبینگ | مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی

در این مبدل‌ها، فرایند کاهش آلاینده‌ها در دو مرحله اتفاق می‌افتد.

در مرحله اول، آلاینده‌هایی مانند هیدروکربن‌های نسوخته و کربن مونوکسید حذف می‌شوند.

در مرحله دوم، با اضافه شدن گاز آمونیاک از درون مخزن، اکسیدهای نیتروژن و این گاز با یکدیگر واکنش می‌دهند.

واکنش انجام شده در مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی به صورت $2NH_3 + NO + NO_2 \rightarrow 2N_2 + 3H_2O$ است.



۷- کدام یک از عبارات‌های زیر درباره مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی درست است؟

الف - بازده مبدل کاتالیستی در لحظه روشن شدن خودرو، پایین‌تر از بازده آن دقایقی پس از حرکت است.

ب - با تغییر شکل مبدل کاتالیستی از مش به توری، سرعت انجام واکنش‌های شیمیایی آن افزایش پیدا می‌کند.

ج - در حضور مبدل کاتالیستی، همانند غیاب آن مقدار گاز CO خارج شده از آگزوز بیشتر از مقدار گاز NO است.

د - همه فلزهایی که برای افزایش کارایی روی مبدل کاتالیستی قرار می‌گیرند، در هوای آزاد با گاز O_۲ واکنش می‌دهند.

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

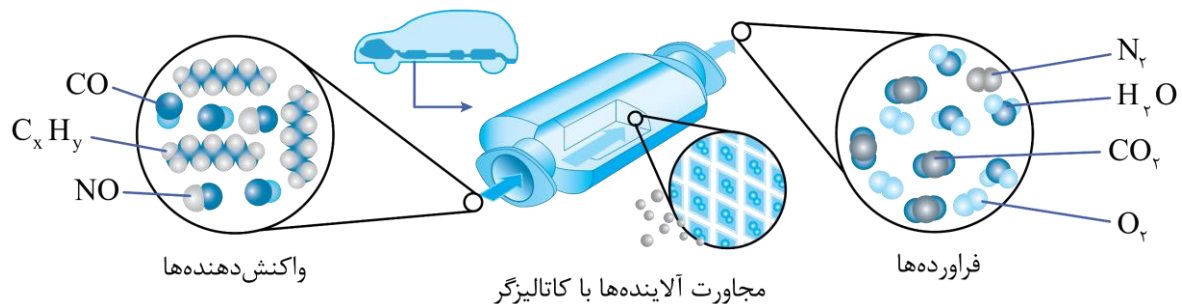
(متوسط - مفهومی - استاندارد) - صفحه ۱۰۱ - ۱۲۰۴

پاسخ: گزینه ۱

عبارات‌های (الف) و (ج) درست هستند.



الف) شکل زیر ساختار مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی را نمایش می‌دهد:



در لحظه روشن شدن خودرو، دمای محیط درون مبدل کاتالیستی پایین بوده و به همین دلیل واکنش‌های حذف آلاینده‌ها، با سرعت کمتری انجام می‌شوند. به همین دلیل، در این بازه مقدار آلاینده وارد شده به هواکره بیشتر است. با گذر زمان، دمای آگروز و مبدل کاتالیستی افزایش پیدا می‌کند. با افزایش دمای مبدل کاتالیستی، واکنش‌ها با سرعت بیشتری انجام شده و درصد بیشتری از آلاینده‌ها حذف می‌شوند؛ بنابراین می‌توان گفت با گذر زمان و افزایش دما، بازده مبدل کاتالیستی افزایش پیدا می‌کند.



ب) برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را به شکل مش (دانه)‌های ریز درمی‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند. با ایجاد این تغییر، سطح تماس مبدل کاتالیستی و واکنش‌دهنده‌ها افزایش پیدا کرده و کاتالیزگرها با کارایی بالاتری آلاینده‌ها را حذف می‌کنند. به همین دلیل، در این شرایط سرعت انجام واکنش‌ها افزایش پیدا می‌کند.



ج) در حضور و غیاب مبدل کاتالیستی، بیشترین گاز خارج شده از آگروز خودرو، کربن مونوکسید است. این گاز اکسید ناپایدارتر کربن بوده و از سوختن ناقص سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود.



د) پلاتین، پالادیم و رودیم فلزهایی هستند که به‌عنوان کاتالیزگر روی توری مبدل‌های کاتالیستی نشانده می‌شوند. پلاتین از جمله فلزهای نجیب بوده و با گاز اکسیژن وارد واکنش نمی‌شود.

مبدل کاتالیستی در زمستان



هنگام روشن شدن و گرم شدن خودروها، به ویژه در روزهای زمستانی، حتی در حضور مبدل‌های کاتالیستی نیز آلاینده‌ها از آگروز به مقدار بیشتری خارج می‌شوند. در واقع، مبدل‌های کاتالیستی در دماهای پایین کارایی خود را از دست می‌دهند و به همین خاطر، در روزهای زمستانی، مقدار زیادی از آلاینده‌های تولیدشده در موتور خودرو توسط مبدل‌ها حذف نشده و وارد هوا می‌شوند. در این شرایط، یک تیغه حرارت‌دهنده را در درون مبدل قرار می‌دهند تا محیط داخلی آن را به سرعت گرم کرده و کارایی آن را افزایش دهد.

کپسول دوپینگ | مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی



حاوی رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) به‌عنوان کاتالیزگر است که بر روی سطح سرامیک توری شکل قرار دارند.

برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی می‌توان سرامیک را به شکل مش (دانه)‌های ریز درآورد تا سطح تماس آن با آلاینده‌ها افزایش یابد.

غلظت آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید، هیدروکربن‌های نسوخته و نیتروژن مونوکسید در این مبدل کاهش می‌یابد.

با گذشت زمان از کارایی آن کاسته شده و باید تعویض شود.

برای فعالیت مناسب مبدل کاتالیستی باید دمای آن بالا باشد.

بنابراین در هوای سرد در لحظه روشن کردن خودرو، غلظت گازهای آلاینده خروجی بیشتر است.

۸- کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

- (۱) مقدار انرژی فعال‌سازی در واکنش‌های سوختن مواد آلی، قطعاً بزرگ‌تر از قدر مطلق تغییر آنتالپی واکنش آن‌ها است.
- (۲) واکنش سوختن فسفر سفید نسبت به هیدروژن، انرژی فعال‌سازی کوچک‌تری داشته و با سرعت بیشتر انجام می‌شود.
- (۳) به دلیل کوچک‌تر بودن E_a ، یک واکنش گرماده ممکن است با سرعت بیشتری نسبت به یک واکنش گرماگیر انجام شود.
- (۴) در سوختن H_2 ، انرژی فعال‌سازی همانند سرعت انجام واکنش در استفاده از پودر روی نسبت به ایجاد جرقه کم‌تر است.

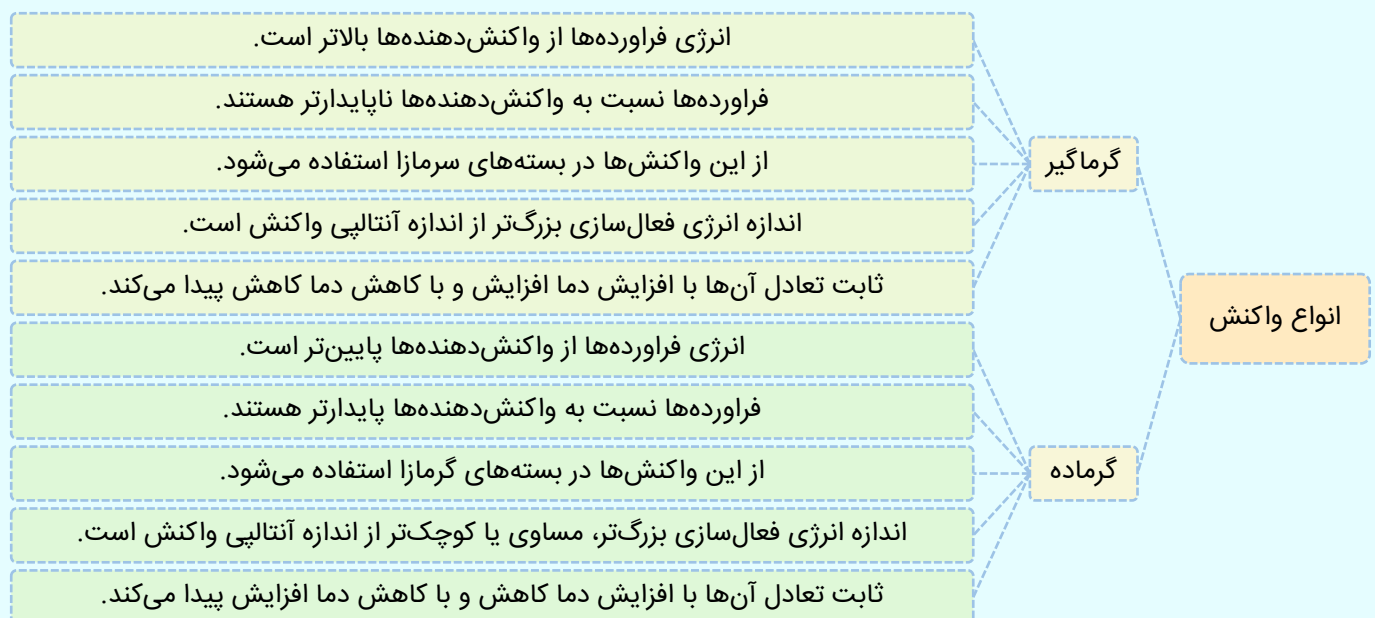
(متوسط - مفهومی - استاندارد) - صفحه ۹۹ - ۱۲۰۴

پاسخ: گزینه ۱

سوختن مواد آلی از جمله واکنش‌های **گرماده** است. در واکنش‌های گرماده، انرژی فعال‌سازی می‌تواند **کوچک‌تر**، برابر و یا حتی بزرگ‌تر از قدر مطلق مقدار تغییر آنتالپی واکنش باشد. این در حالی است که در واکنش‌های گرماگیر، انرژی فعال‌سازی لزوماً **بزرگ‌تر** از قدر مطلق مقدار تغییر آنتالپی واکنش است.

انواع واکنش

نمودار زیر، واکنش‌های گرماگیر و گرماده را مقایسه می‌کند:



بررسی سایر گزینه‌ها:

۲- سرعت واکنش‌های مختلف با مقدار انرژی فعال‌سازی آن‌ها **رابطه عکس** دارد. از طرفی می‌دانیم که فسفر سفید برخلاف گاز هیدروژن در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد؛ بنابراین می‌توان گفت انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن فسفر سفید، کوچک‌تر از واکنش سوختن گاز هیدروژن است.

۳- مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش‌های مختلف به گرماگیر یا گرماده بودن آن‌ها ارتباطی ندارد. برخی واکنش‌های گرماده مانند واکنش تولید متان از گرافیت و گاز هیدروژن، به دلیل بزرگ بودن مقدار انرژی فعال‌سازی، با سرعت بسیار کمی انجام می‌شوند. از طرفی برخی واکنش‌های گرماگیر مانند فتوسنتز، در شرایط بسیار ساده‌تری در انواعی از گیاهان انجام می‌شوند. با توجه به توضیحات داده شده، لزوماً نمی‌توان گفت انرژی فعال‌سازی واکنش‌های گرماده **کوچک‌تر** از انرژی فعال‌سازی واکنش‌های گرماگیر است.

۴

جدول زیر سرعت سوختن گاز هیدروژن در شرایط مختلف را نمایش می‌دهد:

آزمایش	شرایط آزمایش	سرعت واکنش	ΔH واکنش
۱	بدون حضور کاتالیزگر	ناچیز	-572 kJ
۲	ایجاد جرقه در مخلوط	انفجاری	-572 kJ
۳	در حضور پودر روی	سریع	-572 kJ
۴	در حضور توری پلاتینی	انفجاری	-572 kJ

همان‌طور که مشخص است، ایجاد جرقه، نسبت به پودر روی، سرعت انجام واکنش را بیشتر افزایش می‌دهد. از طرفی در واکنش سوختن گاز هیدروژن در حضور پودر روی، این فلز به‌عنوان کاتالیزگر عمل کرده و انرژی فعال‌سازی را کاهش می‌دهد. این در حالی است که در ایجاد جرقه، صرفاً انرژی فعال‌سازی واکنش تأمین می‌شود.



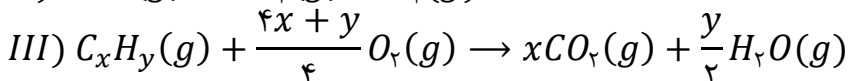
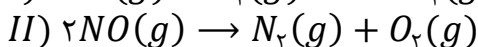
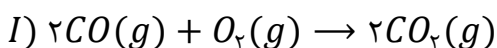
۹- در واکنش‌های انجام شده در مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی، 336 g CO و $14 \text{ g C}_x\text{H}_y$ مصرف شده و 42 g N_2 تولید شده است. اگر 20% درصد O_2 تولید شده در حذف NO ، 20% درصد O_2 مصرف شده در دو واکنش دیگر باشد، درصد جرمی اتم کربن در هیدروکربن نسوخته به تقریب کدام است؟ ($O = 16, N = 14, C = 12, H = 1 : \text{g. mol}^{-1}$)

(۱) $89/4$ (۲) $85/7$ (۳) $82/3$ (۴) $78/8$

(سخت - محاسباتی - زمان‌بر - صفحه ۱۰۱ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

واکنش‌های انجام شده در مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی به صورت زیر هستند:

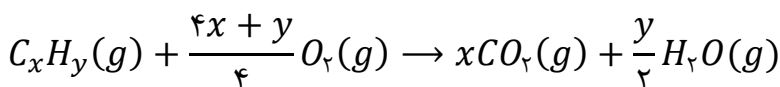


ابتدا مقدار گاز اکسیژن تولید شده در واکنش حذف نیتروژن مونوکسید و مقدار اکسیژن مصرف شده در حذف کربن مونوکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$II) ? \text{ mol } O_2 = 42 \text{ g } N_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{28 \text{ g } N_2} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } N_2} = 1/5 \text{ mol}$$

$$I) ? \text{ mol } O_2 = 336 \text{ g } CO \times \frac{1 \text{ mol } CO}{28 \text{ g } CO} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } CO} = 6 \text{ mol}$$

طبق گفته سؤال، اکسیژن تولید شده در حذف نیتروژن مونوکسید، 20% درصد اکسیژن مصرف شده در دو واکنش دیگر است. پس می‌توان گفت در دو واکنش دیگر، مجموعاً $7/5$ مول گاز اکسیژن ($1/5 \times 2$) مصرف شده است. مقدار 6 مول از این گاز در واکنش حذف گاز کربن مونوکسید مصرف شده است، پس می‌توان گفت در واکنش حذف هیدروکربن نسوخته، مجموعاً $1/5$ مول گاز اکسیژن مصرف شده است. در مرحله بعد با استفاده از مقدار اکسیژن مصرف شده در واکنش III ، نسبت x و y را محاسبه می‌کنیم. معادله این واکنش به صورت زیر است:



بر این اساس، داریم:

$$III) 1/5 \text{ mol } O_2 = 14 \text{ g } C_xH_y \times \frac{1 \text{ mol } C_xH_y}{(12x+y) \text{ g } C_xH_y} \times \frac{\frac{4x+y}{4} \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_xH_y} \Rightarrow 18x + 1/5y$$

$$= 14x + 3/5y \Rightarrow y = 2x$$

با توجه به محاسبات بالا، فرمول شیمیایی تقریبی این هیدروکربن به صورت C_xH_{2x} است. در پایان درصد جرمی کربن را در این هیدروکربن محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم هیدروکربن}} \times 100 = \frac{12x}{12x + 2x} \times 100 \approx 85.7\%$$



۱۰- کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

- (۱) هر کاتالیزگر، می‌تواند به همه واکنش‌های شیمیایی سرعت ببخشد.
- (۲) استفاده از کاتالیزگر، تفاوت سطح انرژی مواد واکنش‌دهنده و فراورده را کاهش می‌دهد.
- (۳) به دلیل مصرف شدن کاتالیزگرها در یک واکنش، پس از هر بار استفاده باید آن‌ها را جایگزین کرد.
- (۴) هر ماده کاتالیزگر، در شرایط انجام شدن واکنش باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد.

(آسان - خط به خط - سریع ۵ - صفحه ۱۰۲ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

کاتالیزگرها مواد ویژه‌ای هستند که با کاهش دادن انرژی فعال‌سازی، سرعت انجام واکنش‌ها را افزایش می‌دهند. یکی از ویژگی‌های مهم کاتالیزگرها، پایداری شیمیایی و گرمایی آن‌ها در شرایط انجام واکنش است. ویژگی‌های یک کاتالیزگر مناسب به صورت زیر است:

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

بررسی سایر گزینه‌ها:

- ① هر کاتالیزگر تنها می‌تواند به تعداد محدودی واکنش سرعت ببخشد. هیچ ماده‌ای وجود ندارد که بتواند به صورت هم‌زمان، به همه واکنش‌های شیمیایی سرعت ببخشد.
- ② استفاده از کاتالیزگر هیچ تأثیری روی مقدار انرژی فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها و همچنین آنتالپی واکنش ندارد. کاتالیزگر صرفاً مقدار انرژی فعال‌سازی و سطح انرژی ماده تشکیل شده روی قله نمودار انرژی را کاهش می‌دهد.
- ③ کاتالیزگرها، بدون مصرف شدن در واکنش، مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش داده و در پایان دست‌نخورده باقی می‌مانند. به همین دلیل می‌توان بارها از آن‌ها استفاده کرد.

کاتالیزگرها

کاتالیزگرها 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 کاتالیزگرها 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، کاتالیزگرها 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 فراورده‌ها، مقدار نهایی فراورده تولید شده و مقدار ثابت تعادل واکنش تأثیری ندارد.

۱۱- کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

- (۱) گیاهان برای رشد، تنها به عناصر نافلزی از جمله نیتروژن و فسفر نیاز دارند.
- (۲) بیشتر نیتروژن مصرف شده توسط گیاه، به‌طور مستقیم از هواکره جذب می‌شود.
- (۳) برای افزایش بازده کشاورزی، می‌توان آمونیاک مایع را به‌صورت مستقیم به خاک افزود.
- (۴) فتوسنتز، برخلاف اکسایش گاز نیتروژن، گرماگیر بوده و با افزایش سطح انرژی سامانه همراه است.

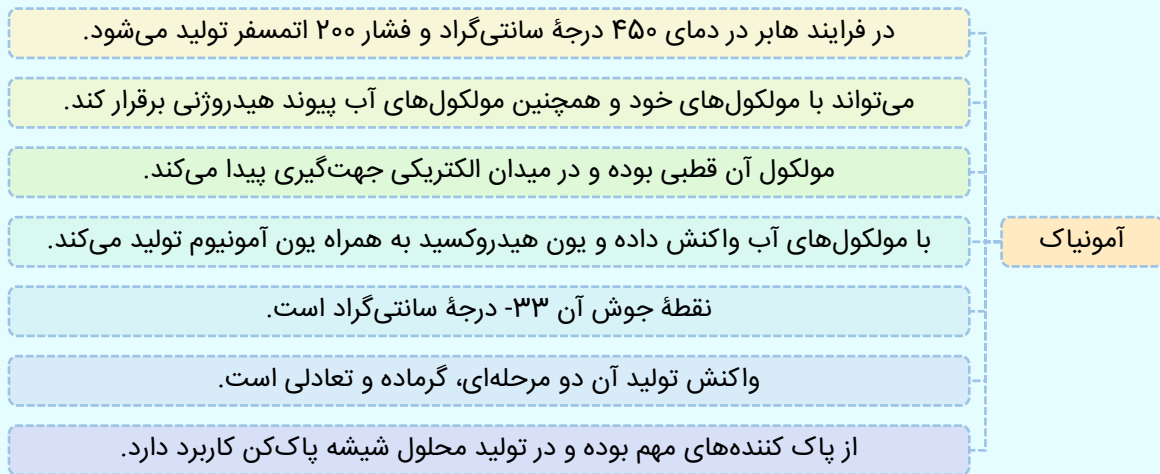
پاسخ: گزینه ۳

(آسان - خط به خط - سریع ۵ - صفحه ۱۰۳ - ۱۲۰۴)

آمونیاک، حاوی عنصر نیتروژن بوده و می‌تواند این عنصر را در اختیار گیاهان قرار بدهد. در برخی کشورها برای افزایش بازده فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به‌عنوان کود شیمیایی به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

آمونیاک

نمودار زیر ویژگی‌های آمونیاک را نمایش می‌دهد:



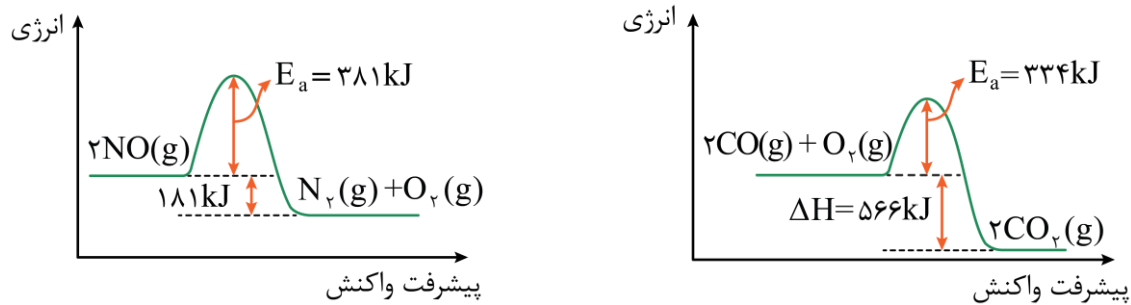
بررسی سایر گزینه‌ها:

- ۱- گیاهان برای رشد علاوه بر آب و کربن دی‌اکسید به عناصری مانند نیتروژن، گوگرد، فسفر، پتاسیم و ... نیاز دارند. پتاسیم از جمله فلزهای قلیایی جدول تناوبی است که توسط ریشه گیاهان و از خاک جذب می‌شود.
- ۲- گیاهان با جوی سرشار از گاز نیتروژن احاطه شده‌اند اما نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به‌طور مستقیم از هوا جذب کنند. از این رو باید نیتروژن را به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود.

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 فراورده‌های 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 درصد از حجم هوا توسط گاز نیتروژن تشکیل شده است، اما گیاهان نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به‌طور مستقیم از هوا جذب کنند. به همین خاطر، نیتروژن را باید در قالب ترکیبات نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود. به‌عنوان مثال، در برخی از کشورها آمونیاک مایع را به‌عنوان کود شیمیایی به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

۴) نمودارهای زیر مقدار انرژی فعال سازی و آنتالپی واکنش تبدیل نیتروژن مونوکسید به گازهای اکسیژن و نیتروژن و واکنش سوختن گاز CO را نمایش می دهند:



این واکنش گرماده است. پس واکنش عکس آن، یعنی واکنش اکسایش گاز نیتروژن گرماگیر بوده و با افزایش انرژی سامانه همراه است. فرایند فتوسنتز نیز یک فرایند گرماگیر است. این واکنش عکس واکنش اکسایش گلوکز است.



۱۲- در شرایط مشخص، در فرایند هابر گازهای واکنش دهنده به نسبت ضریب استوکیومتری وارد شده و پس از ایجاد تعادل در ظرف واکنش، ۵۱ گرم گاز آمونیاک و ۶ گرم گاز هیدروژن وجود دارد. اگر حجم ظرف واکنش برابر با ۳ لیتر باشد، ثابت تعادل واکنش چند $L^2 \cdot mol^{-2}$ است؟ ($N = 14, H = 1 : g \cdot mol^{-1}$)

۲ (۴)

۳ (۳)

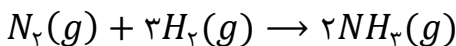
۱/۵ (۲)

۴ (۱)

(متوسط - محاسباتی - استاندارد) - صفحه ۱۰۴ - ۱۲۰۴

پاسخ: گزینه ۳

معادله موازنه شده واکنش هابر به صورت زیر است:



طبق فرض سؤال، گازهای واکنش دهنده به نسبت ضریب استوکیومتری وارد ظرف شده اند. مول اولیه گازهای نیتروژن و هیدروژن را به ترتیب x و $3x$ فرض می کنیم. با توجه به ضرایب استوکیومتری، اگر تا لحظه تعادل y مول گاز نیتروژن مصرف شود، $3y$ مول گاز هیدروژن نیز مصرف شده و $2y$ مول گاز آمونیاک تولید می شود. به جدول زیر دقت کنید:

ماده	N_2	H_2	NH_3
مقدار اولیه (mol)	x	$3x$	۰
تغییر مقدار (mol)	$-y$	$-3y$	$+2y$
مقدار تعادلی (mol)	$x - y$	$3x - 3y$	$2y$

با توجه به اطلاعات داده شده در صورت سؤال، در لحظه تعادل ۳ مول گاز آمونیاک و ۳ مول گاز هیدروژن وجود دارد. همان طور که مشخص است، مول گاز هیدروژن در لحظه تعادل ۳ برابر مول گاز نیتروژن است. پس می توان گفت مول تعادلی گاز نیتروژن نیز برابر با ۱ مول است. البته برای محاسبه مول تعادلی نیتروژن می توان از محاسبه مقادیر مجهول نیز استفاده کرد.

$$\begin{cases} 2y = 3 \\ 3x - 3y = 3 \end{cases} \Rightarrow y = 1/5, x = 2/5$$

در پایان ثابت تعادل را محاسبه می کنیم.

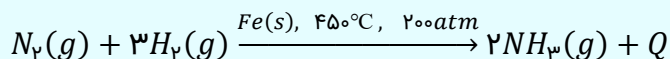
$$K = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 \times [N_2]^1} = \frac{(n_{NH_3})^2}{(n_{H_2})^3 \cdot (n_{N_2})} \times V^{\Delta n} = \frac{3^2}{3^3 \times 1^1} \times 3^2 = 3 L^2 \cdot mol^{-2}$$

توجه داریم که در این فرمول، Δn معادل تفاوت ضرایب مواد گازی فراورده و واکنش دهنده است.

$$\Delta n = (\text{مجموع ضرایب مواد محلول و گازی فراورده} - \text{مجموع ضرایب مواد محلول و گازی واکنش دهنده})$$

فرایند هابر

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



این واکنش به علت انرژی فعال سازی زیاد، سرعت 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 واکنش دهنده ها می شود؛ پس دمای واکنش را نمی توان بسیار بالا برد. به این منظور هابر از سه راهکار برای تولید به صرفه تر 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 می یابد. توجه داریم که کاتالیزگر، هیچ تأثیری روی مقدار ثابت تعادل و درصد پیشرفت آن ندارد.

(۲) **افزایش فشار مخلوط:** در این فرایند، فشار را افزایش می دهند. با توجه به شمار مولکول های گازی کمتر در سمت فراورده، افزایش فشار موجب رفتن تعادل به سمت واکنش رفت و افزایش پیشرفت واکنش در جهت تولید آمونیاک می شود. همچنین افزایش فشار سرعت انجام این واکنش 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 می شود. با توجه به نقطه جوش بیشتر آمونیاک نسبت به واکنش دهنده ها، آمونیاک زودتر از دو ماده دیگر به حالت مایع درآمده و از مخلوط جدا می شود. همچنین گاز باقی مانده که شامل گاز نیتروژن و هیدروژن است، مجدداً به ظرف بازگردانده می شود.

با توجه به توضیحات داده شده، شرایط بهینه تولید آمونیاک در فرایند هابر معادل با دمای $450^{\circ}C$ ، فشار 200 اتمسفر و حضور فلز آهن به عنوان کاتالیزگر است. در این شرایط نیز پیشرفت واکنش کمتر از 100 درصد بوده (به تقریب 44 درصد) و درصد حجمی آمونیاک در مخلوط گازی در تعادل، 28 درصد است.

کپسول دوپینگ | فرایند هابر

آمونیاک یکی از مهم ترین مواد تهیه شده از نیتروژن است.

بزرگ ترین چالش هابر، یافتن شرایط بهینه برای انجام واکنش بین نیتروژن و هیدروژن بود.

سرانجام دریافت که اگر از یک ورقه ای آهنی به عنوان کاتالیزگر استفاده کند، در دما و فشار مناسب مقدار قابل توجهی آمونیاک تولید می شود.

جداسازی فراورده ی واکنش از مخلوط واکنش نیز براساس اختلاف نقطه جوش مواد انجام می شود.

ابتدا مخلوط واکنش را سرد می کنند تا آمونیاک مایع (نقطه جوش بالاتر) از مخلوط واکنش خارج شود.

نیتروژن و هیدروژن باقی مانده نیز به محفظه ی واکنش بازگردانده می شوند.

شرایط بهینه ی این واکنش دمای 450 درجه سانتی گراد و فشار 200 اتمسفر است.

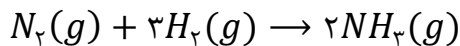
واکنش هابر نوعی واکنش تعادلی بوده و از اصل لوشاتلیه پیروی می کند.

با انجام واکنش تعادلی، 28 درصد مولی از مخلوط تعادلی را آمونیاک تشکیل می دهد.

۱۳- کدام یک از گزینه های زیر نادرست است؟

- (۱) در فرایند هابر با افزایش دما، میزان پیشرفت واکنش و زمان رسیدن به تعادل کاهش پیدا می کند.
- (۲) در فرایند هابر، افزایش فشار موجب افزایش بازده و افزایش شمار مول های موجود در ظرف تعادل می شود.
- (۳) با انتقال واکنش دهنده های فرایند هابر به ظرف کوچک تر، شمار مولکول های دواتمی کاهش پیدا می کند.
- (۴) با خارج کردن آمونیاک تولید شده در فرایند هابر، درصد بیشتری از واکنش دهنده ها به فراورده تبدیل می شوند.

معادله موازنه شده فرایند هابر به صورت زیر است:



مجموع ضرایب مواد گازی در فراورده این واکنش، کمتر از واکنش دهنده‌ها است؛ بنابراین با توجه به اصل لوشاتلیه می‌توان گفت با افزایش فشار، تعادل مورد نظر در جهت تولید مول‌های گازی کمتر پیش خواهد رفت. بنابراین با افزایش فشار در مخلوط واکنش، گازهای هیدروژن و نیتروژن مصرف شده و مقدار بیشتری از گاز آمونیاک تولید خواهد شد. با ادامه این فرایند، براساس قانون گازها، با کاهش مول گازی موجود در مخلوط واکنش، فشار ظرف کاهش پیدا می‌کند. البته توجه داریم که فشار ظرف واکنش در تعادل جدید بالاتر از فشار این ظرف در تعادل اولیه خواهد بود. چراکه اصل لوشاتلیه نمی‌تواند به‌طور کامل تغییر ایجاد شده را جبران کند.

اصل لوشاتلیه

بر اساس قانون لوشاتلیه، اگر تغییری موجب بر هم زدن تعادل در یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان، اثر آن تغییر را جبران کند. در این رابطه، داریم:

- بر اساس این اصل، در صورت افزایش غلظت یکی از گونه‌های شرکت‌کننده در یک تعادل شیمیایی، تعادل در جهتی پیش می‌رود که تا حد امکان مقداری از آن ماده را مصرف کند و سامانه مجدداً به حالت تعادل برسد. در نقطه مقابل، در صورت کاهش غلظت یکی از گونه‌های شرکت‌کننده در یک تعادل شیمیایی، تعادل در جهتی پیش می‌رود که تا حد امکان مقداری از آن ماده را تولید کند و سامانه مجدداً به حالت تعادل برسد. توجه داریم که در این جابه‌جایی ثابت تعادل تغییری نمی‌کند.

- از تغییر حجم سامانه واکنش نیز می‌توان برای تغییر غلظت مواد گازی شرکت‌کننده در واکنش کمک گرفت. برای آن‌که تغییر حجم بر جابه‌جایی تعادل یک واکنش شیمیایی مؤثر باشد، باید حداقل یکی از اجزای شرکت‌کننده در واکنش، گازی شکل باشد و تعداد مول‌های گازی در دو طرف معادله واکنش نیز برابر نباشند. یکی از راه‌های تغییر حجم سامانه‌های گازی، تغییر فشار است. در واقع با افزایش فشار اعمال شده بر یک تعادل گازی، حجم اشغال شده توسط گازها کاهش پیدا می‌کند و با کاهش فشار اعمال شده بر یک تعادل گازی نیز، حجم اشغال شده توسط گازها افزایش پیدا می‌کند.

- تغییر دمای سامانه‌های تعادلی، یکی دیگر از روش‌های مورد استفاده برای جابه‌جا کردن تعادل‌های شیمیایی است. تغییر دما افزون بر جابه‌جا کردن تعادل، مقدار ثابت تعادل واکنش را نیز تغییر می‌دهد. اثر تغییر دما بر تعادل‌های گوناگون یکسان نیست و به گرماده یا گرماگیر بودن آن واکنش‌ها بستگی دارد. با افزایش دمای یک سامانه در حالت تعادل، واکنش در جهت مصرف گرما پیش می‌رود تا دمای سامانه را مجدداً کاهش دهد. اگر این واکنش گرماگیر باشد، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و مقدار فراورده‌ها افزایش پیدا می‌کند. در نقطه مقابل، اگر این واکنش گرماده باشد، با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت پیش رفته و مقدار واکنش دهنده‌ها افزایش پیدا می‌کند. با کاهش دمای یک سامانه در حالت تعادل، واکنش در جهت تولید گرما پیش می‌رود تا دمای سامانه را دوباره افزایش دهد. اگر این واکنش گرماگیر باشد، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و مقدار واکنش دهنده‌ها افزایش پیدا می‌کند. در صورتی‌که این واکنش گرماده باشد، با کاهش دما، تعادل در جهت رفت پیش می‌رود و مقدار فراورده‌ها افزایش پیدا می‌کند.

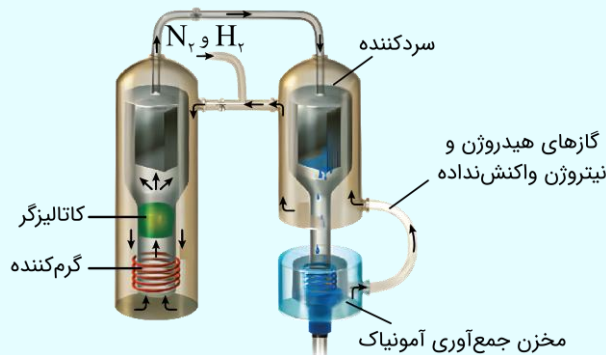
بررسی سایر گزینه‌ها:

- افزایش دما، سرعت همه واکنش‌های شیمیایی (گرماگیر و گرماده) را افزایش می‌دهد؛ بنابراین با افزایش دما زمان رسیدن واکنش به تعادل کوتاه‌تر خواهد شد. از طرفی تولید آمونیاک از عناصر سازنده یک واکنش گرماده است. در واکنش‌های گرماده و تعادلی، افزایش دما واکنش را در جهت مصرف گرما یعنی واکنش برگشت پیش خواهد برد. با پیشرفت واکنش به سمت برگشت، ثابت تعادل و بازده واکنش (درصدی از واکنش دهنده‌ها که به فراورده تبدیل می‌شوند) کاهش پیدا می‌کند.
- با انتقال مواد واکنش دهنده به ظرف کوچک‌تر، غلظت گازها و در نتیجه فشار ظرف افزایش پیدا می‌کند. با افزایش فشار، واکنش به سمت تولید مول گازی کمتر پیش خواهد رفت. به دلیل اینکه مجموع ضرایب مواد گازی در سمت فراورده واکنش هابر کمتر از سمت واکنش دهنده‌ها است، با افزایش فشار، واکنش به سمت رفت یعنی مصرف واکنش دهنده‌ها (مولکول‌های دو اتمی) و تولید فراورده پیش خواهد رفت.

۴ با خارج کردن آمونیاک از ظرف، غلظت این گاز در ظرف واکنش کاهش پیدا کرده و طبق اصل لوشاتلیه، واکنش به سمت تولید آن یعنی واکنش رفت پیش خواهد رفت.

دستگاه فرایند هابر

در فرایند تعادلی هابر، گاز آمونیاک با استفاده از گازهای H_2 و N_2 در شرایط ویژه تولید می‌شود. همان‌طور که می‌دانیم، نقطه جوش گازهای H_2 و N_2 از نقطه جوش آمونیاک بسیار پایین‌تر است؛ بنابراین با تنظیم دمای سردکننده در دمایی کمی پایین‌تر از دمای جوش آمونیاک، می‌توان این گاز را مایع کرده و از مخلوط گازی جدا نمود. تصویر زیر، نمایی از دستگاه استفاده شده برای تولید آمونیاک بر اساس فرایند هابر را نشان می‌دهد:



در این دستگاه، گازهای هیدروژن و نیتروژن از ورودی بالای ظرف به درون دستگاه تزریق شده و پس از افزایش دما، در مجاورت کاتالیزگر با یکدیگر واکنش می‌دهند و مخلوطی از گازهای آمونیاک، هیدروژن و نیتروژن را ایجاد می‌کنند. مخلوط گازی حاصل به سمت سردکننده حرکت می‌کند و پس از کاهش دمای آن تا پایین‌تر از نقطه جوش آمونیاک، مولکول‌های NH_3 به حالت مایع درآمده و از مخلوط خارج می‌شوند. در این شرایط، گازهای هیدروژن و نیتروژن واکنش نداد، مجدداً به سمت گرم‌کننده حرکت می‌کنند تا از آن‌ها برای تولید آمونیاک بیشتر استفاده شود.

کپسول دوبیینگ | تغییرات ایجاد شده در فرایند هابر

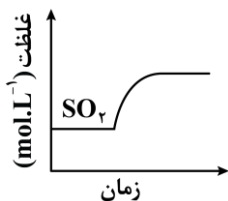
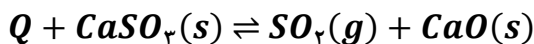
واکنش مربوط به فرایند هابر، گرماده است و با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت پیشروی می‌کند.

هابر توانست تولید آمونیاک را در دمای پایین‌تر ($450^\circ C$) و با حضور کاتالیزگر افزایش دهد.

افزایش فشار (200 atm) باعث پیشروی واکنش در جهت رفت و تولید آمونیاک می‌شود.



۱۴- کدام یک از عوامل زیر، می‌تواند غلظت گاز گوگرد دی‌اکسید در تعادل داده شده را مطابق نمودار زیر تغییر دهد؟



- ۱) افزایش حجم ظرف واکنش به اندازه ۲ لیتر
- ۲) افزودن مقداری از $CaSO_3$ به ظرف واکنش
- ۳) افزایش دمای محتویات ظرف واکنش به اندازه $20^\circ C$
- ۴) خارج کردن مقداری گوگرد دی‌اکسید از ظرف واکنش

(متوسط - مفهومی - استاندارد ۱ - صفحه ۱۰۸ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

طبق اصل لوشاتلیه، با اعمال تغییر در یک تعادل شیمیایی، آن تعادل به سمتی جابه‌جا می‌شود که اثر تغییر ایجاد شده را تا حد امکان جبران کند. همان‌طور که در نمودار غلظت-زمان گاز گوگرد دی‌اکسید مشخص است، غلظت این گاز پس از اعمال یک تغییر، به تدریج افزایش یافته است که نشان می‌دهد واکنش در جهت رفت پیش رفته است. این واکنش، یک واکنش گرماگیر است. پس با افزایش دما، تعادل به سمت مصرف گرما (یعنی در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود. با جابه‌جایی واکنش به سمت رفت، واکنش‌دهنده (کلسیم سولفیت) مصرف شده و فراورده‌های واکنش یعنی کلسیم اکسید و گاز گوگرد دی‌اکسید در ظرف واکنش تولید می‌شوند.

بررسی سایر گزینه ها:

- ۱ با افزایش حجم ظرف واکنش، فشار کاهش پیدا می کند. با کاهش فشار وارد بر مخلوط، تعادل به سمت مول های گازی بیشتر (یعنی در جهت رفت) جابه جا می شود. دقت کنید که با افزایش حجم ظرف، غلظت این گاز در ابتدا ناگهان کاهش پیدا کرده و سپس به مرور افزایش پیدا می کند. چنین شرایطی، در نمودار دیده نمی شود.
- ۲ تغییر مقدار مواد محلول و یا گازی موجود در تعادل موجب جابه جایی تعادل می شود؛ بنابراین تغییر در مقدار مواد جامد و مایع خالص موجود در واکنش تعادلی، تأثیری بر جابه جایی تعادل ندارد. همچنین افزایش و کاهش فشار بر تعادل هایی تأثیرگذار است که در آن ها حداقل یکی از مواد شرکت کننده به حالت گاز یافت شود.
- ۴ خارج کردن مقداری از گاز گوگرد دی اکسید، در یک لحظه باعث کاهش غلظت این گاز می شود. با کاهش غلظت، تعادل به سمتی جابه جا می شود تا اثر این کاهش را جبران کند. در نتیجه، تعادل در جهت رفت جابه جا شده و غلظت این گاز افزایش می یابد.

کپسول دوبینگ | اثر تغییر غلظت بر واکنش های تعادلی

یکی از عوامل تغییردهنده یک تعادل، تغییر غلظت مواد شرکت کننده در آن است.

با افزایش غلظت یک ماده، واکنش در جهت مصرف آن ماده پیش می رود.

با کاهش غلظت یک ماده، واکنش در جهت تولید آن ماده پیش می رود.

با افزایش غلظت یک ماده، در لحظه اعمال تغییر، سرعت در جهتی که پیش می رود افزایش می یابد اما در جهت دیگر سرعت ثابت باقی می ماند.

با کاهش غلظت یک ماده، در لحظه اعمال تغییر، سرعت در جهتی که پیش می رود ثابت باقی می ماند اما در جهت دیگر سرعت کاهش می یابد.

توجه داریم که تغییر غلظت مواد شرکت کننده در واکنش بر ثابت تعادل واکنش تأثیری ندارد.



۱۵- تعادل گازی $SO_2Cl_2(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + Cl_2(g)$ پس از ورود ۰/۴ مول گاز SO_2Cl_2 به یک ظرف ۰/۵ لیتری آغاز شده است. اگر در حالت تعادل، مجموع شمار مول های فراورده ها ۶ برابر واکنش دهنده باشد، مقدار ثابت تعادل این واکنش کدام است؟

۳/۶ (۴)

۱/۸ (۳)

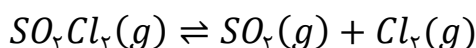
۲/۴ (۲)

۱/۲ (۱)

(متوسط - محاسباتی - استاندارد ۱ - صفحه ۱۰۴ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

معادله موازنه شده واکنش انجام شده به صورت زیر است:



در ابتدای کار، ۰/۴ مول واکنش دهنده وارد ظرف واکنش شده است. با پیشرفت واکنش، مقدار واکنش دهنده کاهش یافته و مقدار فراورده بیشتر می شود. برای حل این سؤال، در ابتدا با استفاده از جدول زیر، مول تعادلی مواد را به دست می آوریم:

ماده	SO_2Cl_2	SO_2	Cl_2
مقدار اولیه (mol)	۰/۴	۰	۰
تغییر مقدار (mol)	-a	+a	+a
مقدار تعادلی (mol)	۰/۴ - a	a	a

اگر در حالت تعادل، مجموع مول فراورده ها ۶ برابر مول واکنش دهنده باشد، مقدار a به این صورت محاسبه می شود:

$$6 \times SO_2Cl_2 \text{ مول} = SO_2 \text{ مول} + Cl_2 \text{ مول} \implies 6 \times (0.4 - a) = a + a \implies 2.4 = 8a \implies a = 0.3$$

بر این اساس، شمار مول هر یک از فراورده‌ها و مول واکنش‌دهنده، به ترتیب $0/3$ و $0/1$ است. حجم ظرف واکنش نیز برابر با $0/5$ لیتر است. ثابت تعادل این واکنش شیمیایی به این صورت محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{[SO_2] \times [Cl_2]}{[SO_2Cl_2]} = \frac{(\frac{0/3}{0/5}) \times (\frac{0/3}{0/5})}{(\frac{0/1}{0/5})} = 1/8 \text{ mol.L}^{-1}$$

برای محاسبه ثابت تعادل این واکنش می‌توانیم از فرمول زیر نیز استفاده کنیم:

$$K = \frac{n_{SO_2} \times n_{Cl_2}}{n_{SO_2Cl_2}} \times V^{\Delta n} = \frac{0/3 \times 0/3}{0/1} \times 0/5^{-1} = 1/8 \text{ mol.L}^{-1}$$

توجه داریم که در این فرمول، Δn معادل تفاوت ضرایب مواد گازی و محلول فراورده و واکنش‌دهنده است.

$\Delta n = (\text{مجموع ضرایب مواد محلول و گازی فراورده} - \text{مجموع ضرایب مواد محلول و گازی واکنش‌دهنده})$

ثابت تعادل

معادله ثابت تعادل واکنش $aA(g) + bB(g) \rightarrow cC(g) + dD(g)$ 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 فراورده‌ها است.

کپسول دوپینگ | مسائل واکنش‌های تعادلی

این تیپ سؤالات مرتبط با بررسی مقدار گونه‌ها در شرایط متفاوت است.

در بعضی مسائل باید از طریق اطلاعات گونه‌های موجود در واکنش، ثابت تعادل را به دست آورد.

در این صورت ابتدا جدول مربوط به غلظت‌های اولیه و تعادلی گونه‌ها را رسم کرده و از طریق فرمول ثابت تعادل، آن را محاسبه می‌کنیم.

در بعضی سؤالات نیز باید از طریق ثابت تعادل داده شده، به غلظت تعادلی گونه‌های مورد نظر برسیم.

در این سؤالات پس از رسم جدول و استفاده از مقدار مجهول، با کامل کردن فرمول ثابت تعادل، می‌توان غلظت گونه‌های مورد نظر را به دست آورد.

کنکورشناسی: این مسئله تعادل، با ایده گرفتن از یکی از سؤال‌های کنکور ۱۴۰۴ طراحی شده است.



۱۶- در تعادل گازی گرماگیر $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$ ، کدام دو تغییر، در نهایت منجر به افزایش غلظت

مولی فراورده‌ها نسبت به تعادل اولیه در ظرف می‌شوند؟

(۱) خارج کردن مقداری از گاز NO_2 از ظرف واکنش - کاهش دمای سامانه

(۲) کاهش حجم ظرف واکنش - افزودن مقداری گاز NO_2Cl به ظرف

(۳) افزایش دمای سامانه واکنش - افزایش حجم ظرف واکنش

(۴) افزودن گاز کربن به سامانه - کاهش دمای سامانه

با کاهش حجم ظرف، در لحظه ایجاد تغییر، مول مواد ثابت است و حجم کاهش می‌یابد؛ بنابراین غلظت همه مواد شرکت‌کننده در واکنش افزایش می‌یابد. هرچند طبق اصل لوشاتلیه، با کاهش حجم ظرف واکنش، تعادل در جهت مول کمتر مواد یعنی در جهت برگشت پیش می‌رود و این تغییر باعث کاهش مول فراورده‌ها می‌شود؛ اما افزایش غلظت اولیه بر این تغییر غلبه می‌کند؛ چراکه اصل لوشاتلیه نمی‌تواند تغییر ایجاد شده را به‌صورت کامل جبران کند. در واقع با اینکه شمار مول‌های فراورده کمتر شده، اما چون حجم ظرف نیز کاهش یافته است غلظت مواد بیشتر از حالت اولیه می‌شود. از طرفی، با افزودن مقداری واکنش‌دهنده به ظرف واکنش، طبق اصل لوشاتلیه تعادل به سمتی جابه‌جا می‌شود که تغییر را جبران کند و واکنش‌دهنده اضافه شده را مصرف کند. بر این اساس، واکنش در جهت رفت پیش رفته و مول و غلظت فراورده‌ها افزایش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ با خارج کردن مقداری از گاز NO_2 ، غلظت این گاز در لحظه اول به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. طبق اصل لوشاتلیه، برای جبران تغییر، واکنش به سمت رفت جابه‌جا شده و مول فراورده‌ها افزایش می‌یابد. اما توجه کنید این افزایش غلظت نمی‌تواند کاهش غلظت اولیه گاز NO_2 را جبران کند و در نهایت غلظت این گاز کمتر از مقدار اولیه خواهد بود. همچنین، در یک واکنش گرماگیر با کاهش دما، طبق اصل لوشاتلیه واکنش به سمتی پیش می‌رود که گرما را تولید کند. یعنی واکنش در جهت برگشت انجام شده و غلظت فراورده‌ها کاهش می‌یابد.

۳ در یک واکنش گرماگیر با افزایش دما، طبق اصل لوشاتلیه واکنش به سمتی پیش می‌رود که گرما را مصرف کند. یعنی واکنش در جهت رفت پیشرفت می‌کند و غلظت فراورده‌ها افزایش می‌یابد. با افزایش حجم ظرف، در لحظه ایجاد تغییر، مول مواد ثابت است و حجم افزایش می‌یابد؛ بنابراین غلظت همه مواد شرکت‌کننده در واکنش کاهش می‌یابد. هرچند طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش حجم ظرف، واکنش در جهت مول بیشتر مواد یعنی جهت رفت انجام می‌شود. این تغییر باعث افزایش مول فراورده‌ها می‌شود؛ اما کاهش غلظت اولیه بر این تغییر غلبه می‌کند.

۴ با افزودن کلر که یکی از فراورده‌ها است، طبق اصل لوشاتلیه واکنش در جهت برگشت انجام می‌شود و طی این تغییر غلظت، مقداری از فراورده‌ها مصرف می‌شود؛ بنابراین غلظت گاز NO_2 نسبت به حالت اولیه کاهش می‌یابد. اما توجه کنید اثر افزایش مقدار کلر بیشتر است و غلظت این ماده نسبت به حالت اولیه افزایش می‌یابد. همچنین، در یک واکنش گرماگیر با کاهش دما، طبق اصل لوشاتلیه واکنش به سمتی پیش می‌رود که گرما تولید کند. یعنی واکنش در جهت برگشت انجام می‌شود و غلظت فراورده‌ها کاهش می‌یابد.

کپسول دوپینگ | اثر دما بر واکنش‌های تعادلی

در واکنش‌های تعادلی با افزایش دما، واکنش در جهت مصرف گرما پیش می‌رود.

با کاهش دما، واکنش در جهت تولید گرما پیش می‌رود.

با افزایش دما، ثابت تعادل در واکنش‌های گرماگیر زیاد می‌شود زیرا واکنش در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

با کاهش دما، ثابت تعادل در واکنش‌های گرماده زیاد می‌شود زیرا واکنش در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

با افزایش دما، ثابت تعادل در واکنش‌های گرماگیر کم می‌شود زیرا واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

با کاهش دما، ثابت تعادل در واکنش‌های گرماگیر کم می‌شود زیرا واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

معمولاً در واکنش‌های گازی نماد گرما در سمتی قرار می‌گیرد که شمار مول‌های گازی کمتری در واکنش موازنه شده وجود داشته باشد.

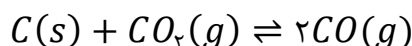
۱۷- مقدار ۸۸ گرم گاز CO_2 را در ظرف ۲ لیتری در حضور گرافیت قرار می‌دهیم تا تعادل $C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$ پس از مصرف ۶۰٪ از گاز کربن دی‌اکسید برقرار شود. مقدار ثابت تعادل واکنش مورد نظر چند بوده و در حالت تعادل، مجموعاً چند مول ماده گازی در ظرف واکنش وجود دارد؟ ($C = 12, O = 16 : g.mol^{-1}$)

(۱) $3/2 - 3/6$ (۲) $3/6 - 3/6$ (۳) $3 - 3/2$ (۴) $3 - 3/6$

(متوسط - محاسباتی - استاندارد ۱ - صفحه ۱۰۴ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

معادله موازنه شده واکنش تعادلی به صورت زیر است:



در لحظه صفر، فقط گاز کربن دی‌اکسید به همراه گرافیت وارد ظرف واکنش شده است، پس واکنش در جهت رفت انجام می‌شود تا تعادل برقرار شود. در ابتدا مول کربن دی‌اکسید در ابتدای واکنش را به دست می‌آوریم:

$$? mol CO_2 = 88 g CO_2 \times \frac{1 mol CO_2}{44 g CO_2} = 2 mol$$

تا زمان رسیدن به تعادل، با مصرف هر مول کربن دی‌اکسید در این واکنش، ۲ مول گاز کربن مونوکسید تولید می‌شود. با مصرف ۶۰ درصد از ۲ مول اولیه کربن دی‌اکسید (یعنی ۱/۲ مول از این گاز)، مقدار ۲/۴ مول گاز کربن مونوکسید تا لحظه تعادل تولید می‌شود. همچنین، مقدار تعادلی گاز کربن دی‌اکسید موجود در ظرف واکنش برابر ۰/۸ مول ($2 - 1/2$) خواهد بود. پس با نوشتن عبارت ثابت تعادل و جایگذاری غلظت‌های تعادلی در آن، می‌توانیم مقدار ثابت تعادل را محاسبه کنیم. در این رابطه، داریم:

$$K = \frac{[CO]^2}{[CO_2]} = \frac{\left(\frac{2/4}{2}\right)^2}{\frac{0/8}{2}} = 3/6 mol.L^{-1}$$

مجموع مول مواد گازی برابر مجموع مول گازهای کربن دی‌اکسید و کربن مونوکسید خواهد بود. در نتیجه، این مقدار برابر با ۳/۲ مول ($2/4 + 0/8 = 3/2$) است.

گاز کربن دی‌اکسید

در رابطه با گاز کربن دی‌اکسید، داریم:

- با کاهش دما تا ۷۸- درجه سانتی گراد، از حالت گاز به حالت جامد در می‌آید.
- مولکولی ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت‌گیری پیدا نمی‌کند.
- با حل شدن در آب، با آن واکنش داده و اسید ضعیف کربنیک اسید را تولید می‌کند.
- در طی واکنش سوختن کامل هیدروکربن‌ها و مواد آلی تولید می‌شود.
- به دلیل نداشتن الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی، ساختاری خطی دارد.
- در باران عادی همانند باران اسیدی در آب حل شده و غلظت یون هیدروژن را افزایش می‌دهد.

کربن دی‌اکسید

درصد پیشرفت

ثابت تعادل هر واکنش، معیاری برای سنجش میزان پیشرفت آن واکنش است. در واقع، درصد پیشرفت هر واکنش به ما نشان می‌دهد که از ابتدای واکنش تا لحظه برقراری تعادل، چند درصد از واکنش‌دهنده‌های وارد شده به ظرف، به فراورده تبدیل می‌شوند. برای محاسبه درصد پیشرفت واکنش‌های شیمیایی، از رابطه زیر کمک می‌گیریم:

$$\text{درصد پیشرفت} = \frac{\text{مقدار واکنش‌دهنده مصرف‌شده}}{\text{مقدار واکنش‌دهنده اولیه}} \times 100$$

۱۸- کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

- (۱) افزایش فشار، واکنش $۳A(aq) + ۲B(aq) \rightleftharpoons X(s) + ۶Z(aq)$ را به سمت رفت پیش خواهد برد.
- (۲) افزایش دما، برخلاف کاهش فشار، واکنش $۲SO_۲(g) \rightleftharpoons ۲SO_۳(g) + O_۲(g)$ را به سمت رفت پیش خواهد برد.
- (۳) کاهش حجم، موجب کاهش غلظت گاز هیدروژن یدید در تعادل $H_۲(g) + I_۲(s) \rightleftharpoons ۲HI(g)$ خواهد شد.
- (۴) با ۲ برابر شدن ثابت تعادل در واکنش $CaCO_۳(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_۲(g)$ ، غلظت $CO_۲$ نیز دو برابر خواهد شد.

پاسخ: گزینه ۴

(سخت - مفهومی - زمان بر ۵ - صفحه ۱۰۸ - ۱۲۰۴)

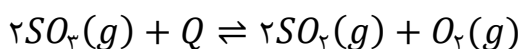
کربن دی‌اکسید، تنها ماده گازی موجود در این واکنش است و سایر مواد موجود در این واکنش تعادلی، حالت جامد دارند؛ بنابراین ثابت تعادل این واکنش به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$K = [CO_۲]$$

بنابراین می‌توان گفت با ۲ برابر شدن ثابت تعادل، مقدار مول و غلظت گاز کربن دی‌اکسید نیز دو برابر خواهد شد. توجه داریم که تغییر دما، تنها عاملی است که می‌تواند مقدار ثابت تعادل واکنش را تغییر بدهد.

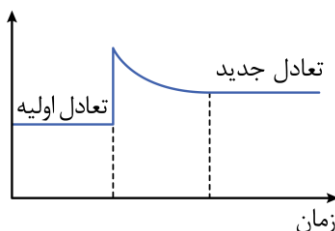
بررسی سایر گزینه‌ها:

- ① در معادله واکنش انجام شده، هیچ ماده گازی وجود ندارد، پس می‌توان گفت افزایش یا کاهش فشار و همچنین افزایش یا کاهش حجم ظرف، تأثیری بر این تعادل نخواهد داشت. چون این تعادل حاوی تعدادی از گونه‌های محلول در آب است، از تغییر حجم محلول می‌توان برای جابه‌جایی آن استفاده کرد.
- ② معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



این واکنش گرماگیر بوده و افزایش دما موجب مصرف گرما و پیشرفت واکنش به سمت تولید فراورده (واکنش رفت) خواهد شد. از طرفی با کاهش فشار، واکنش به سمت تولید مول گازی بیشتر یعنی واکنش رفت پیش خواهد رفت.

- ③ کاهش حجم، غلظت همه گازهای موجود در واکنش را افزایش می‌دهد. در ادامه، واکنش به سمت تولید مول گازی کمتر یعنی واکنش برگشت پیش می‌رود و غلظت هیدروژن یدید کاهش پیدا می‌کند. البته توجه داریم که واکنش نمی‌تواند به صورت کامل تغییر ایجاد شده را جبران کند و غلظت گاز هیدروژن یدید در تعادل پایانی، بیشتر از تعادل اولیه خواهد بود. نمودار زیر، روند تغییر غلظت گاز هیدروژن یدید را طی این فرایند نشان می‌دهد:



کپسول دوپینگ | اثر تغییرات فشار بر واکنش‌های تعادلی

طبق قانون گازها، با افزایش فشار وارد بر گازها، حجم و غلظت آن‌ها به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد.

تغییرات فشار تنها باعث تغییر غلظت در گازها شده و بر سایر حالت‌های مواد تأثیری ندارد.

در صورت افزایش فشار بر سامانه (کاهش حجم) واکنش در جهت مول گازی کمتر پیش می‌رود.

در صورت کاهش فشار بر سامانه (افزایش حجم) واکنش در جهت مول گازی بیشتر پیش می‌رود.

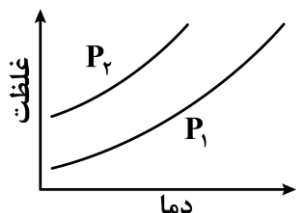
با افزایش حجم سامانه، غلظت گونه‌های گازی کمتر شده؛ بنابراین سرعت واکنش رفت و برگشت کمتر می‌شود.

با کاهش حجم سامانه غلظت گونه‌های گازی بیشتر شده؛ بنابراین سرعت واکنش رفت و برگشت بیشتر می‌شود.

با تغییر فشار و حجم سامانه، ثابت تعادل واکنش، ثابت می‌ماند.



۱۹- نمودار مقابل، روند تغییر غلظت یکی از فراورده‌ها در واکنش $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + 2C(g)$ را بر حسب تغییر دما نشان می‌دهد. در رابطه با این واکنش، کدام مورد درست است؟



- (۱) P_2 بیشتر از P_1 بوده و با افزودن ماده A به ظرف، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.
- (۲) واکنش گرماگیر بوده و با انتقال تعادل به یک ظرف بزرگ‌تر، مقدار K افزایش می‌یابد.
- (۳) P_2 کمتر از P_1 بوده و با خروج ماده A از ظرف، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.
- (۴) واکنش گرماگیر بوده و پس از افزودن ماده B به ظرف، غلظت گاز C به تدریج افزایش می‌یابد.

(متوسط - مفهومی - استاندارد ۵ - صفحه ۱۱۰ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

با افزایش فشار وارد بر مخلوط گازی، حجم ظرف کاهش یافته و در نتیجه غلظت مواد بیشتر می‌شود. در نتیجه به دلیل بالاتر بودن نمودار P_2 از P_1 بیشتر است. همچنین با اضافه کردن ماده A به تعادل، غلظت این ماده افزایش پیدا می‌کند. پس تعادل در جهت مصرف این ماده یعنی واکنش رفت جابه‌جا می‌شود تا اثر افزایش غلظت آن را تا حد امکان جبران کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲) مطابق نمودار، با افزایش دما، غلظت این فراورده افزایش می‌یابد. در یک واکنش تعادلی با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما پیش می‌رود. در نتیجه این واکنش گرماگیر است. همچنین دقت داریم که مقدار ثابت تعادل فقط تابع دما است. پس با انتقال این تعادل به ظرفی با حجم بیشتر و کاهش غلظت مواد، ثابت تعادل تغییری نمی‌کند.

۳) همان‌طور که گفته شد، به دلیل بیشتر بودن غلظت فراورده در فشار P_2 ، این فشار بیشتر از P_1 است. با خارج کردن ماده A از ظرف، غلظت این ماده کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه تعادل در جهت تولید آن یعنی واکنش برگشت جابه‌جا می‌شود تا اثر این کاهش غلظت را تا جای ممکن جبران کند.

۴) با افزایش دما، غلظت فراورده واکنش مورد نظر افزایش یافته است و واکنش در جهت رفت پیش رفته است. این واکنش گرماگیر است. با افزودن ماده B به تعادل مورد نظر، غلظت این ماده افزایش می‌یابد. تعادل برای جبران این افزایش غلظت، در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین غلظت مواد B و C به تدریج کاهش می‌یابد. توجه داشته باشید که غلظت نهایی ماده B بیشتر از غلظت تعادلی اولیه این ماده و غلظت نهایی ماده C کمتر از غلظت تعادلی اولیه خود خواهد بود.



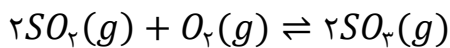
۲۰- واکنش تعادلی $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ با $K = 16 \text{ L. mol}^{-1}$ ، در ظرف سر بسته یک لیتری در حال انجام است. اگر از ابتدا تا لحظه برقراری تعادل در این واکنش، ۶۴ گرم گاز اکسیژن مصرف شده باشد و ۴ مول از آن نیز در ظرف تعادل باقی مانده باشد، مول اولیه گوگرد دی اکسید کدام است؟ ($O = 16 \text{ g. mol}^{-1}$)

(۱) ۲ (۲) ۶ (۳) ۳ (۴) ۴/۵

(متوسط - محاسباتی - استاندارد ۱ - صفحه ۱۰۴ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

معادله موازنه شده واکنش انجام شده به صورت زیر است:



با مصرف شدن اکسیژن، گاز SO_2 نیز مصرف شده و گاز SO_3 تولید می شود. ابتدا با استفاده از جرم گاز اکسیژن مصرف شده، مول گوگرد تری اکسید تولید شده را محاسبه می کنیم:

$$? \text{ mol } SO_3 = 64 \text{ g } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \times \frac{2 \text{ mol } SO_3}{1 \text{ mol } O_2} = 4 \text{ mol}$$

بر این اساس، می توان گفت مقدار مول تعادلی SO_3 و اکسیژن در ظرف واکنش، برابر با ۴ مول است. حجم ظرف نیز برابر با یک لیتر است، پس مقدار مول هر گاز با غلظت آن برابر خواهد بود. حال با توجه به ثابت تعادل واکنش، غلظت تعادلی گوگرد دی اکسید را محاسبه می کنیم:

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 \times [O_2]^1} = \frac{4^2}{[SO_2]^2 \times 4} = 16 \Rightarrow [SO_2] = 0.5 \text{ mol. L}^{-1}$$

حجم ظرف واکنش برابر ۱ لیتر است. پس می توان گفت مول تعادلی گوگرد دی اکسید نیز برابر ۰/۵ است. تا به اینجا کار متوجه شدیم که پس از ایجاد تعادل، مقدار ۰/۵ مول گاز گوگرد دی اکسید در ظرف وجود دارد. حال مقدار مصرف شده این گاز را محاسبه می کنیم.

$$? \text{ mol } SO_2 = 64 \text{ g } O_2 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \times \frac{2 \text{ mol } SO_2}{1 \text{ mol } O_2} = 4 \text{ mol}$$

با توجه به محاسبات انجام شده، در ابتدای واکنش، ۴/۵ مول ($4 + 0.5$) گاز گوگرد دی اکسید در ظرف وجود داشته است.



گوگرد

در رابطه با عنصر گوگرد داریم:

- در طبیعت به شکل جامد زرد رنگ یافت می شود.
- در حضور اکسیژن کافی می سوزد و شعله ای آبی رنگ تولید می کند.
- به همراه اکسیژن، بخش قطبی پاک کننده های غیرصابونی را تشکیل می دهد.
- صابون گوگرددار، برای از بین بردن جوش های صورت و همچنین قارچ های پوستی استفاده می شود.

گوگرد

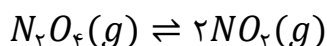
۲۱- واکنش تعادلی $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ با افزایش دمای سامانه واکنش مورد نظر به سمت پیشرفت کرده و طی این فرایند، مخلوط گازی حاصل خواهد شد.

(۱) رفت - پررنگ تر (۲) رفت - کم رنگ تر (۳) برگشت - پررنگ تر (۴) برگشت - کم رنگ تر

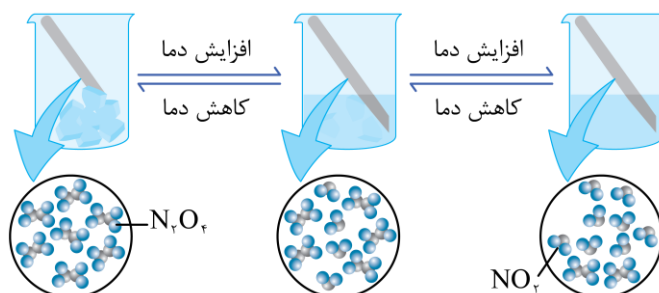
(آسان - مفهومی - سریع ۵ - صفحه ۱۰۸ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

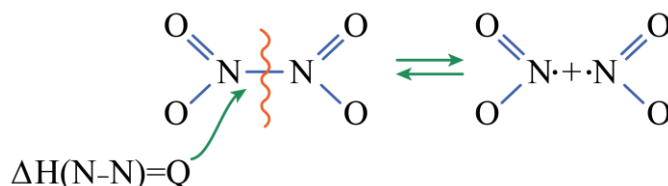
واکنش تجزیه دی نیتروژن تترااکسید به نیتروژن دی اکسید به صورت زیر است:



این واکنش گرماگیر بوده و با افزایش دما به سمت رفت یعنی تولید نیتروژن دی اکسید پیش خواهد رفت. نیتروژن دی اکسید، اکسید قهوه ای رنگ نیتروژن است. بر این اساس، می توان گفت با افزایش دما، مخلوط حاصل پررنگ تر خواهد شد. تصویر زیر، نمایی از فرایند انجام شدن این واکنش را نشان می دهد:

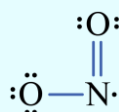


توجه داریم که واکنش تبدیل گاز N_2O_4 به گاز NO_2 یک فرایند گرماگیر است. تصویر زیر، فرایند تبدیل گازهای نیتروژن دی اکسید و دی نیتروژن تترااکسید به یکدیگر را نشان می دهد:



نیتروژن دی اکسید

نیتروژن دی اکسید از جمله اکسیدهای رادیکال نیتروژن است. همان طور که به یاد دارید، گونه رادیکال به گونه ای گفته می شود که حداقل یکی از اتم های آن از آرایش هشت تایی پیروی نمی کند و الکترون جفت نشده (تک) دارد. آرایش لوویس نیتروژن دی اکسید به صورت زیر است:



همان طور که مشخص است، اتم مرکزی این ترکیب مولکولی دارای تک الکترون ناپیوندی بوده و از آرایش هشت تایی پیروی نمی کند. همچنین به دلیل حضور الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی، نیتروژن دی اکسید قطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت گیری پیدا می کند.

کپسول دوبینگ | واکنش تجزیه دی نیتروژن تترااکسید

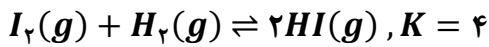
معادله واکنش به صورت $N_2O_4(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ است.

فرایندی گرماگیر است و باعث کاهش دمای سامانه واکنش می شود.

با پیشرفت واکنش، رنگ قهوه ای مخلوط افزایش می یابد.

فراورده به دست آمده از واکنش، یک رادیکال است.

۲۲- تعادل زیر، با حضور یک گرم گاز هیدروژن و ۰/۵ مول بخار ید در ظرفی به حجم ۵ لیتر برقرار شده است. در حالت تعادل، چند گرم هیدروژن یدید در ظرف وجود داشته و در صورتی که با تغییر دما، ثابت تعادل واکنش ۹ برابر شود، در تعادل جدید، چند مول گاز هیدروژن در ظرف وجود خواهد داشت؟ ($I = ۱۲۷, H = ۱ : g.mol^{-1}$)



(۱) ۰/۱ - ۶۴

(۲) ۰/۲۵ - ۶۴

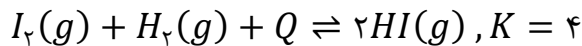
(۳) ۰/۱ - ۱۲۸

(۴) ۰/۲۵ - ۱۲۸

(سخت - محاسباتی - زمان بر ۵ - صفحه ۱۰۸ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

معادله موازنه شده واکنش تعادلی گاز هیدروژن و بخار ید، به صورت زیر است:



در تعادل اولیه ۱ گرم گاز هیدروژن (معادل ۰/۵ مول هیدروژن) و ۰/۵ مول بخار ید در ظرف واکنش وجود دارد. ابتدا با توجه به ثابت تعادل، مول هیدروژن یدید را محاسبه می کنیم:

$$K_1 = \frac{[HI]^2}{[I_2] \times [H_2]} = \frac{\left(\frac{x}{5}\right)^2}{\frac{0.5}{5} \times \frac{0.5}{5}} = ۴ \Rightarrow x = ۱ \text{ mol}$$

توجه داریم که ضریب مواد گازی در دو سمت این واکنش تعادلی برابر بوده و به همین دلیل، می توان در محاسبه ثابت تعادل واکنش مورد نظر، از حجم ظرف صرف نظر کرد. در این حالت، داریم:

$$K_1 = \frac{(n_{HI})^2}{n_{I_2} \times n_{H_2}} = \frac{(x)^2}{0.5 \times 0.5} = ۴ \Rightarrow x = ۱ \text{ mol}$$

جرم مولی حاصل تقسیم جرم نمونه مورد نظر به مول آن است. پس می توان با ضرب کردن جرم مولی در شمار مول ماده، به جرم آن رسید؛ بنابراین در تعادل اولیه ۱۲۸ گرم هیدروژن یدید در ظرف واکنش حضور دارد. حال به حل قسمت دوم سؤال می پردازیم. واکنش گاز هیدروژن و بخار ید گرماگیر است؛ بنابراین با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما یعنی واکنش رفت پیش رفته و مقداری هیدروژن یدید تولید می کند. با افزایش غلظت فراورده و کاهش غلظت واکنش دهنده ها، ثابت تعادل واکنش افزایش پیدا می کند. بر اساس معادله موازنه شده، اگر y مول از گاز هیدروژن و بخار ید مصرف شود، مقدار $2y$ مول از هیدروژن یدید تولید می شود. به جدول زیر توجه کنید:

واکنش تعادلی انجام شده	$I_2(g)$	$+ H_2(g)$	$\rightleftharpoons 2HI(g)$
مقدار مول تعادل اولیه	۰/۵	۰/۵	۱
تغییرات مول	$-y$	$-y$	$+2y$
مقدار نهایی	$0.5 - y$	$0.5 - y$	$1 + 2y$

با توجه به برابر بودن مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده ها و واکنش دهنده ها، حجم ظرف واکنش اثری بر مقدار ثابت تعادل نخواهد داشت و می توانیم عبارت ثابت تعادل را بر اساس مقدار مول ها بنویسیم. بر این اساس، داریم:

$$K_2 = ۹K_1 \Rightarrow ۹ \times ۴ = ۳۶ = \frac{(1 + 2y)^2}{(0.5 - y)^2} \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1 + 2y}{0.5 - y} = ۶ \Rightarrow ۳ - ۶y = ۱ + 2y \Rightarrow y = 0.25 \text{ mol}$$

بنابراین مقدار مول گاز هیدروژن در تعادل نهایی برابر ۰/۲۵ مول ($0.5 - 0.25$) خواهد بود.

نوعی هالوژن از دسته ی p با ۷ الکترون ظرفیتی می باشد و به صورت مولکول دواتمی I_2 در طبیعت مشاهده می شود.

به دلیل جرم مولی بالاتر نسبت به هالوژن های دوره های بالاتر، نقطه جوش بالاتری داشته و در دمای اتاق به حالت جامد یافت می شود.

محلول ید در هگزان نوعی محلول غیرآبی بوده و به رنگ بنفش دیده می شود.

اتم این عنصر با گرفتن یک الکترون به آرایش گاز نجیب هم دوره ی خود رسیده و یون یدید (نوعی هالید) را تشکیل می دهد.

یون یدید با یون حاوی تکنسیم اندازه ی تقریباً یکسانی داشته به همین دلیل غده ی تیروئید هنگام جذب یدید، یون حاوی تکنسیم را نیز جذب می کند.

افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید، سرعت واکنش تجزیه ی هیدروژن پراکسید را به طور چشمگیری افزایش می دهد.



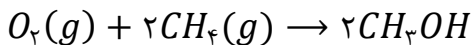
۲۲- کدام مورد، نادرست است؟

- (۱) جزء اصلی سازنده گاز طبیعی، از ذرات ناقطبی ساخته شده و بخش قابل توجهی از آن در میادین نفتی سوزانده می شود.
- (۲) در شرایط مناسب و طی واکنش اکسایش پارازایلن، یکی از مونومرهای PET با خاصیت اسیدی تهیه می شود.
- (۳) متانول، یک مایع زرد رنگ بوده و می توان آن را از واکنش میان گازهای متان و اکسیژن تهیه کرد.
- (۴) هر مولکول اتیلن گلیکول، در واکنش با ۲ مولکول استیک اسید، یک دی استر را تولید می کند.

(متوسط - خط به خط و مفهومی - استاندارد ۱ - صفحه ۱۲۳ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

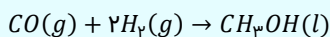
متانول ساده ترین الکل تک عاملی بوده و به هر نسبتی در آب حل می شود؛ بنابراین نمی توان از آن یک محلول سیر شده به دست آورد. این الکل یک مایع بی رنگ بوده و طبق معادله موازنه شده زیر، به صورت مستقیم از واکنش گازهای اکسیژن و متان حاصل می شود:



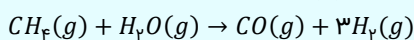
متانول تولید شده در این فرایند، کاربردهای صنعتی زیادی از جمله در فرایند بازیافت پلیمرها دارد.



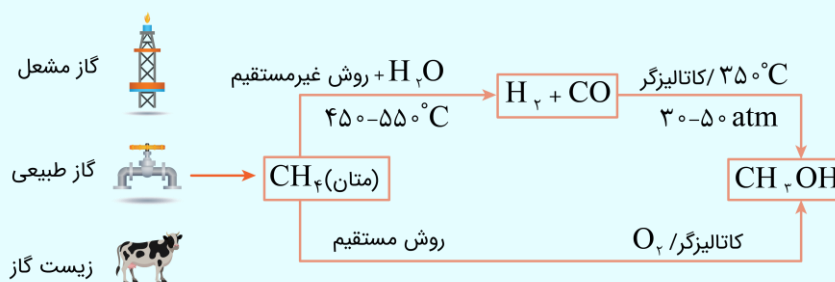
متانول ساده ترین عضو خانواده الکل ها است. این ماده، مایعی بی رنگ و بسیار سمی و کشنده است. این ماده را می توان از واکنش تخمیر چوب تهیه کرد. در صنعت این ماده را از واکنش میان گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن در حضور کاتالیزگر تولید می کنند:



کربن مونوکسید و هیدروژن مصرف شده در این واکنش را می توان 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 خواهند شد. در این فرایند، ابتدا واکنشی میان گاز متان و بخار آب در دمای حدود $450 - 550^\circ C$ انجام خواهد شد و موجب تولید گازهای CO و H_2 می شود. در نهایت این دو گاز در دمای $350^\circ C$ و فشار ۳۰ تا ۵۰ اتمسفر با یکدیگر واکنش می دهند و متانول تولید می کنند. در این مرحله $\frac{1}{3}$ گاز هیدروژن تولید شده در مرحله اول در مرحله دوم مصرف نمی شود و به عنوان فراورده جانبی این روش در نظر گرفته می شود. با توجه به هزینه بر بودن تأمین شرایط انجام این واکنش ها و همچنین تولید گاز CO در این فرایند، شیمی دان ها 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 می شود. معادله این واکنش شیمیایی به صورت $2CH_4(g) + O_2(g) \rightarrow 2CH_3OH(l)$ است. منابع تأمین متان در این دو روش، گاز مشعل، گاز طبیعی و زیست گاز خواهند بود. فرایند تولید مستقیم و غیرمستقیم تولید متانول به صورت زیر است:



بررسی سایر گزینه ها:

۱) جزء اصلی سازنده گاز طبیعی، متان است. متان یک ترکیب هیدروکربنی و ناقطبی بوده و بخش قابل توجهی از آن در میدان های نفتی سوزانده می شود.



متان

ساده ترین آلکان بوده و در ساختار خود یک اتم کربن و چهار اتم هیدروژن دارد.

در دمای اتاق به حالت گاز یافت می شود.

مولکول آن ناقطبی بوده و در میدان الکتریکی جهت گیری پیدا نمی کند.

هرگاه غلظت آن در هوای معدن به بیش از ۵ درصد برسد، احتمال انفجار وجود دارد.

در برخی سلول های سوختی به عنوان سوخت مصرف می شود.

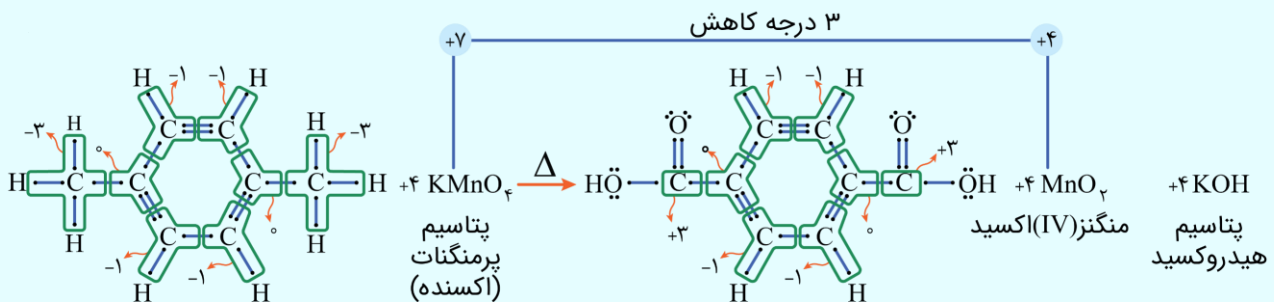
در صنعت پتروشیمی در تولید متانول نقش دارد.

متان

۲) طی واکنش اکسایش پارازیلن، ترفتالیک اسید تولید می شود. ترفتالیک اسید یکی از مونومرهای سازنده پلی اتیلن ترفتالات (PET) است.

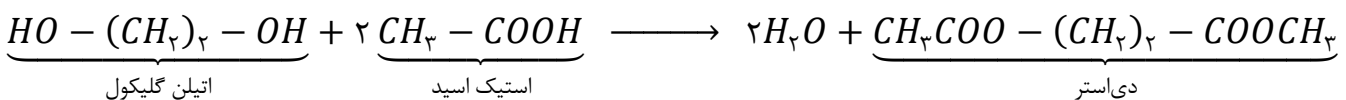
تولید ترفتالیک اسید

ترفتالیک اسید یک اسید دو پروتون دار است که بر اثر اکسایش پارازیلن (هیدروکربنی که از نفت گرفته می شود) توسط محلول بنفش رنگ پرمنگنات پتاسیم، به دست می آید. معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:

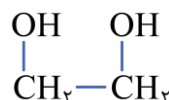


همان طور که مشخص است، ترکیب تولید شده طی این فرایند ۲ گروه عاملی کربوکسیل در ساختار خود دارد.

۳) هر مولکول اتیلن گلیکول، دو گروه عاملی هیدروکسیل دارد. این ترکیب با دو مولکول استیک اسید واکنش می دهد و یک ترکیب آلی با دو گروه عاملی استری تولید می کند. واکنش مورد نظر طبق معادله زیر انجام می شود:



ساختار مولکول اتیلن گلیکول به صورت زیر است:



کنکورشناسی: این سؤال با ایده گرفتن از یکی از سؤال های کنکور سراسری ۱۴۰۴ طراحی شده است.

۲۴- کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

- (۱) درصد خلوص مس و قیمت تمام‌شده آن برای فروش، با یکدیگر رابطه مستقیم و خطی دارند.
- (۲) فروش سنگ معدن فلزهای گوناگون و همچنین پنبه در کشاورزی، از مثال‌های خام‌فروشی هستند.
- (۳) مواد خام، موادی هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.
- (۴) فناوری، به کار بردن دانش در حل یک مسئله بوده و همیشه با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است.

پاسخ: گزینه ۱

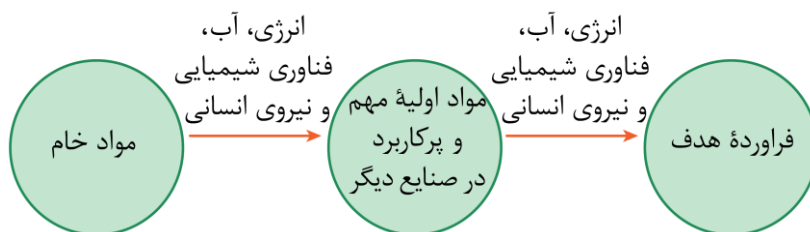
(آسان - خط به خط و مفهومی - سریع ۵ - صفحه ۱۱۳ - ۱۲۰۴)

هر چه درصد خلوص ماده شیمیایی بیشتر باشد، قیمت آن نیز بیشتر خواهد بود. برای نمونه قیمت فلز مس با خلوص ۹۹/۹ درصد، به‌طور چشمگیری از قیمت فلز مس با خلوص ۹۶ درصد بیشتر است؛ بنابراین می‌توان گفت رابطه درصد خلوص مس و قیمت تمام‌شده آن، مستقیم ولی غیرخطی است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

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

۳ مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدیدی تولید کرد. در فناوری شیمیایی، ابتدا ماده خام در اثر انرژی، آب، فناوری شیمیایی و نیروی انسانی به ماده اولیه و پرکاربرد تبدیل می‌شود و سپس ماده اولیه، در واکنشی دیگر شرکت کرده و به فراورده هدف تبدیل خواهد شد. تصویر زیر، روند کلی تولید فراورده‌ها با استفاده از فناوری‌های شیمیایی را نشان می‌دهد:



۴ 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.

کپسول دوپینگ | ارزش فناوری‌های شیمیایی

مواد خام، موادی هستند که فراوری نشده‌اند و با استفاده از آن‌ها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد.

خام‌فروشی فرایندی است که در آن کشورها منابع طبیعی خود را بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به‌دست می‌آیند، به فروش می‌رسانند.

هر چه مواد بیشتر فراوری شوند، قیمت تمام شده آن‌ها افزایش خواهد یافت اما رابطه خطی با یکدیگر ندارند.

فناوری، به کار بردن دانش برای حل یک مسئله در صنعت یا زندگی روزانه برای رسیدن به هدفی خاص است.

فناوری همواره با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است.

۲۵- در واکنش تولید پلی اتیلن ترفتالات با بازده ۷۵ درصد، $172/8$ گرم PET تولید شده است. در واکنش تولید دی‌اسید مصرف شده در این واکنش از پارازایلن، چند مول الکترون مبادله شده است؟

($O = 16, C = 12, H = 1 : g.mol^{-1}$)

۹/۸ (۴)

۱۴/۴ (۳)

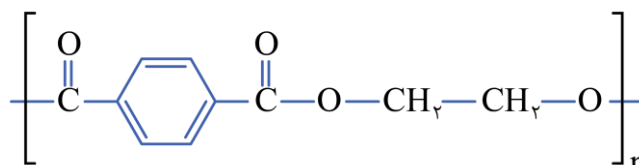
۲۲/۶ (۲)

۳۲/۲ (۱)

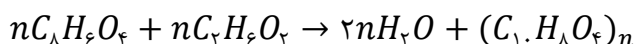
(متوسط - محاسباتی - استاندارد) - صفحه ۱۱۷ - ۱۲۰۴

پاسخ: گزینه ۳

پلی اتیلن ترفتالات یا همان PET ، یک پلی‌استر ساختگی بوده که در ساخت بطری آب کاربرد داشته و ساختار آن به صورت زیر است:

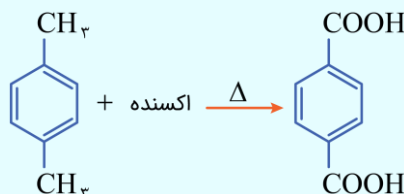


پلی اتیلن ترفتالات از واکنش ترفتالیک اسید با فرمول مولکولی $C_8H_6O_4$ و اتیلن گلیکول با فرمول مولکولی $C_2H_6O_2$ تشکیل می‌شود. معادله واکنش انجام شده برای تولید این پلیمر به صورت زیر است:



پلی اتیلن ترفتالات

پلیمر به کار رفته در ساخت بطری آب، **پلی اتیلن ترفتالات** است. مونومرهای سازنده این پلی‌استر، دی‌الکل اتیلن گلیکول و دی‌اسید ترفتالیک اسید هستند. این دو ماده به ترتیب از اکسایش دو هیدروکربن اتن و پارازایلن تولید می‌شوند. واکنش اکسایش پارازایلن به صورت زیر است:



در این واکنش، عدد اکسایش دو اتم کربن متصل به حلقه بنزنی از ۳- در پارازایلن به ۳+ در ترفتالیک اسید تبدیل می‌شوند. اکسنده واکنش بالا، می‌تواند 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 می‌کند. واکنش تبدیل اتن به 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 می‌شود. 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) می‌رسد. توجه داریم که پلی اتیلن ترفتالات، یک پلی‌استر بوده و زیست‌تخریب‌پذیر نیست اما **قابل بازیافت** است.

با توجه به واکنش، ابتدا مقدار مول دی‌اسید مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$? mol C_8H_6O_4 = 172/8 g (C_{10}H_8O_4)_n \times \frac{1 mol (C_{10}H_8O_4)_n}{192n g (C_{10}H_8O_4)_n} \times \frac{n mol C_8H_6O_4}{1 mol (C_{10}H_8O_4)_n} = 0.9 mol$$

مقدار دی‌اسید به دست آمده، مقدار عملی آن است. پس با قرار دادن آن در فرمول بازده درصدی، مقدار نظری از ترفتالیک اسید مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$مقدار نظری = 1/2 mol \Rightarrow 75 = \frac{0.9}{مقدار نظری} \times 100 \Rightarrow 75 = \frac{مقدار عملی}{مقدار نظری} \times 100 \Rightarrow 75 = \frac{مقدار نظری}{مقدار نظری} \times 100$$

این مقدار از ترفتالیک اسید، از واکنش پارازایلن با یون پرمنگنات به دست می آید. مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در پارازایلن (C_8H_{10}) برابر ۱۰- است. از طرفی مجموع عدد اکسایش این اتم‌ها در ترفتالیک اسید ($C_8H_6O_4$) برابر ۲+ است. در نتیجه با تولید یک مول دی‌اسید، ۱۲ مول الکترون بین گونه‌های اکسند و کاهنده مبادله می‌شود. در پایان مقدار الکترون مبادله شده به ازای تولید ۱/۲ مول ترفتالیک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } e^- = 1/2 \text{ mol } C_8H_6O_4 \times \frac{12 \text{ mol } e^-}{1 \text{ mol } C_8H_6O_4} = 14/4 \text{ mol}$$

پارازایلن

پارازایلن یک **هیدروکربن حلقوی سیرنشده و آروماتیک** با فرمول شیمیایی C_8H_{10} است که از تقطیر نفت خام به دست می‌آید. با توجه به ساختار پارازایلن، ترفتالیک اسید را می‌توان از اکسایش این ماده به دست آورد. در فرایند تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، از محلول **بنفش‌رنگ** حاوی پتاسیم پرمنگنات ($KMnO_4$) به عنوان عامل اکسند استفاده می‌شود. طی این فرایند، عدد اکسایش منگنز به اندازه ۳ واحد تغییر می‌کند. با وجود غلظت بالای پتاسیم پرمنگنات در محلول، باز هم شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین نمی‌شود؛ مگر آنکه دمای مخلوط واکنش **افزایش** یابد. بر این اساس، می‌توان گفت در دمای بالا شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، تا حد بهتری تأمین می‌شود.

جمع‌بندی | تولید ترفتالیک اسید از پارازایلن

- مونومرهای مورد نیاز برای تولید پلی‌اتیلن ترفتالات، اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید هستند.
- این مواد در نفت خام وجود ندارند و نمی‌توان آن‌ها را به طور مستقیم از نفت خام استخراج کرد.
- ترفتالیک اسید را می‌توان از اکسایش پارازایلن به دست آورد.
- پارازایلن یک هیدروکربن حلقوی است که به طور مستقیم از نفت خام به دست می‌آید.
- در این واکنش، پتاسیم پرمنگنات اکسند است که محلول غلیظ آن در شرایط مناسب با بازده نسبتاً خوب، با پارازایلن واکنش داده و آن را به ترفتالیک اسید تبدیل می‌کند.
- در این واکنش عدد اکسایش منگنز از ۷+ به ۴+ می‌رسد.
- عدد اکسایش هر اتم کربن خارج از حلقه‌ی بنزنی ۶ واحد افزایش می‌یابد.
- این واکنش انرژی فعال‌سازی بالایی دارد و با وجود غلظت بالای یون پرمنگنات، باز هم شرایط این واکنش تأمین نمی‌شود.
- با افزایش دما، شرایط انجام واکنش تأمین می‌شود اما بازده همچنان مطلوب نیست.



۲۶- نسبت شمار اتم‌های هیدروژن در بوتیل متانوات به شمار اتم‌های هیدروژن در پارازایلن، چند برابر تفاوت شمار اتم‌های اکسیژن در دو ترکیب کلسترول و روغن زیتون است؟

(۴) ۰/۷۵

(۳) ۰/۲۵

(۲) ۰/۵

(۱) ۰/۲

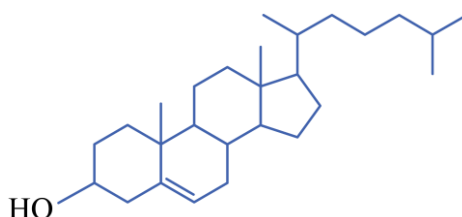
(متوسط - مفهومی - سریع) (صفحه ۱۱۷ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱ 

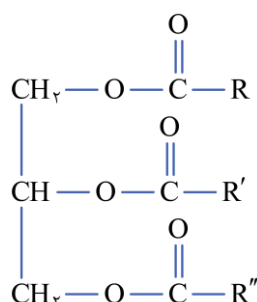
برای حل این سؤال که شبیه‌سازی یکی از سؤال‌های کنکور ۱۴۰۴ است، باید فرمول شیمیایی بوتیل متانوات و پارازایلن را به خاطر داشته باشید. فرمول شیمیایی بوتیل متانوات که نوعی استر ۵ کربنه است، به صورت $C_5H_{11}O_2$ بوده و فرمول شیمیایی پارازایلن، به صورت C_8H_{10} است. نسبت شمار هیدروژن‌ها برابر است با:

$$\frac{10}{10} = 1$$

توجه داریم که بوتیل متانوات، از واکنش بوتانول و متانوئیک اسید تولید می‌شود. در ساختار کلسترول و روغن زیتون، به ترتیب ۱ و ۶ اتم اکسیژن وجود دارد. تفاوت شمار اتم‌های اکسیژن در ساختار این دو ماده آلی، ۵ است. ساختار کلسترول به صورت زیر است:



ساختار استر سازنده روغن زیتون نیز به این صورت است:



در پایان نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{نسبت تعداد اتم‌های هیدروژن}}{\text{تفاوت شمار اتم‌های اکسیژن}} = \frac{1}{5} = 0.2$$



۲۷- کدام موارد از عبارت‌های زیر درست است؟

- الف - واکنش‌دهنده‌های تولید PET را می‌توان به‌طور مستقیم از پالایش نفت خام به‌دست آورد.
 ب - اتیلن گلیکول، طی فرایند کاهش گاز اتن تولید شده و به هر نسبتی در آب حل می‌شود.
 ج - با وجود غلظت بالای پتاسیم پرمنگنات و افزایش دما، بازده واکنش تولید ترفتالیک اسید مطلوب نیست.
 د - در واکنش پارازایلین و پتاسیم پرمنگنات، میانگین تغییر عدد اکسایش اتم‌های منگنز، ۲ برابر اتم‌های کربن است.
 (۱) «الف» و «ب» (۲) «الف» و «ج» (۳) «ب» و «د» (۴) «ج» و «د»

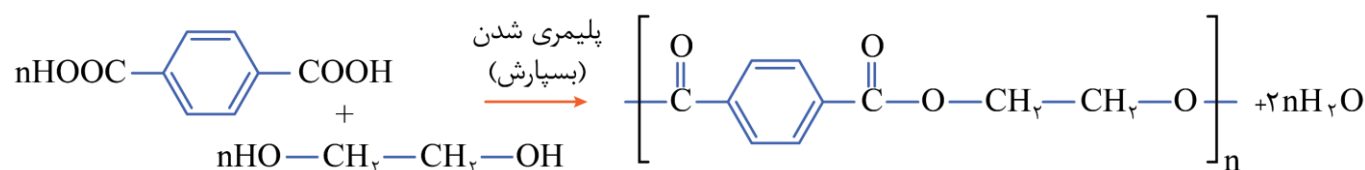
(متوسط - مفهومی - استاندارد) - صفحه ۱۱۸ - ۱۲۰۴

پاسخ: گزینه ۴

عبارت‌های (ج) و (د) درست هستند.

بررسی موارد:

الف) مونومرهای سازنده پلی اتیلن ترفتالات، ترفتالیک اسید (دی‌اسید) و اتیلن گلیکول (دی‌الکل) هستند که در واکنش با یکدیگر این پلیمر را می‌سازند. واکنش تولید این ماده به صورت زیر است:



این مونومرها به‌طور مستقیم در نفت خام حضور ندارند. این مواد در صنعت با ایجاد تغییر در موادی که از پالایش نفت خام به‌طور مستقیم به‌دست می‌آیند، تولید می‌شوند.

ب) اتانول به صورت نامحدود در آب حل شده و نمی‌توان از آن محلول سیرشده‌ای تهیه کرد. بخش ناقطبی اتانول و اتیلن گلیکول یکسان بوده و بخش قطبی اتیلن گلیکول بزرگ‌تر است؛ بنابراین اتیلن گلیکول قطبی‌تر از اتانول بوده و نمی‌توان از آن محلول سیرشده‌ای در آب تهیه کرد. در واقع، می‌توان گفت اتیلن گلیکول نوعی الکل دوعاملی بوده و به دلیل بزرگ بودن بخش قطبی، به صورت نامحدود در آب حل می‌شود. اتیلن گلیکول از واکنش گاز اتن با محلول پتاسیم پرمنگنات به دست می‌آید. مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در اتن (C_2H_4) برابر ۴- و در اتیلن گلیکول ($C_2H_6O_2$) برابر ۲- است. پس می‌توان گفت اتیلن گلیکول از اکسایش اتم‌های کربن موجود در اتن تولید می‌شود.

ج) برای تولید ترفتالیک اسید از پارازایلن استفاده می‌شود. پارازایلن در حضور پتاسیم پرمنگنات اکسایش یافته و ترفتالیک اسید را تولید می‌کند. در این واکنش از محلول حاوی یون پرمنگنات با غلظت بالا استفاده می‌کنند، اما این محلول نمی‌تواند شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید را فراهم کند مگر آنکه دمای مخلوط افزایش پیدا کند. با افزایش دما هر چند شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین می‌شود، اما بازدهی این واکنش چندان مطلوب نیست. شیمی‌دان‌ها با پژوهش‌های فراوان دریافته‌اند که با استفاده از گاز اکسیژن و کاتالیزگر می‌توانند بازدهی را به حالت مطلوب برسانند.

د) در واکنش پارازایلن و پتاسیم پرمنگنات، پارازایلن با فرمول مولکولی C_8H_{10} (مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر با ۱۰-) به ترفتالیک اسید با فرمول مولکولی $C_8H_6O_4$ (مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر با ۲+) تبدیل شده و مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن ۱۲ واحد تغییر می‌کند. این تغییر عدد اکسایش به ازای ۸ اتم کربن است. در نتیجه میانگین تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر $\frac{12}{8} = 1.5$ است. از طرفی تغییر عدد اکسایش اتم‌های منگنز از MnO_4^- (برابر با ۷+) به MnO_2 (برابر با ۴+) برابر ۳ واحد است. در نتیجه مقدار نسبت خواسته شده برابر $\frac{3}{1.5} = 2$ است.

اتیلن گلیکول

یکی از مونومرهایی که در تولید **پلی اتیلن ترفتالات (PET)** کاربرد دارد، **اتیلن گلیکول** ($C_2H_6O_2$) است. اتیلن گلیکول، الکی دوعاملی با فرمول ساختاری $HO - CH_2 - CH_2 - OH$ است که به هر نسبتی در آب حل می‌شود. از محلول این دی‌الکل به عنوان **ضد یخ** نیز استفاده می‌شود که به دلیل وجود افزودنی‌های دیگر رنگ **سبز** دارد. این ترکیب در نفت خام وجود ندارد و به طور مستقیم از پالایش نفت خام به دست نمی‌آید. برای تولید این دی‌الکل از **اکسایش** نخستین عضو خانواده آلکن‌ها یعنی اتن استفاده می‌کنیم. با وارد کردن اتن به محلول آبی و رقیق حاوی یون پرمنگنات (اکسنده واکنش) می‌توان **اتیلن گلیکول** را تهیه کرد.

کپسول دوپینگ | تولید اتیلن گلیکول از اتن

اتیلن گلیکول از واکنش دهنده‌های مصرف شده در واکنش تولید پلی‌اتیلن ترفتالات می‌باشد.

این ماده را نمی‌توان به طور مستقیم از نفت خام به دست آورد.

این ماده، از واکنش اتن با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات در شرایط مناسب به دست می‌آید.

در این واکنش، پتاسیم پرمنگنات نقش اکسنده را برعهده دارد.

عدد اکسایش هر اتم کربن از ۲- به ۱- می‌رسد.

در واکنش‌های تولید ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول از اکسنده‌ی یکسان با غلظت متفاوت استفاده می‌شود.

۲۸- یک نمونه ۴۱/۵ گرمی از ترفتالیک اسید با خلوص ۸۰٪ را با اتانول موجود در ۵ لیتر محلول ۰/۰۴ مولار از این ماده وارد واکنش می‌کنیم تا کل اتانول مصرف شود. چند درصد از ترفتالیک اسید در واکنش مورد نظر شرکت کرده است؟
($O = ۱۶, C = ۱۲, H = ۱ : g.mol^{-1}$)

۵۰ (۴)

۶۰ (۳)

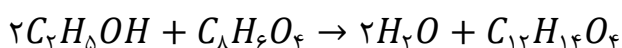
۲۵ (۲)

۳۰ (۱)

(متوسط - محاسباتی - استاندارد) - صفحه ۱۱۷ - ۱۲۰۴

پاسخ: گزینه ۴

ترفتالیک اسید، ساده‌ترین دی‌اسید آروماتیک بوده و فرمول شیمیایی آن به صورت $C_8H_6O_4$ است. اتانول یک الکل تک‌عاملی با فرمول مولکولی C_2H_5OH است. در اثر واکنش این دو ماده با یکدیگر، یک دی‌استر ایجاد می‌شود. معادله موازنه شده این واکنش به صورت زیر است:



توجه داریم که هر مول ترفتالیک اسید، با دو مول اتانول واکنش می‌دهد. ابتدا مقدار ترفتالیک اسید خالص را محاسبه می‌کنیم:

$$g \text{ مقدار خالص} = 33/2 = \frac{41/5}{41/5} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{\text{مقدار خالص}}{\text{مقدار ناخالص}} \times 100$$

در مرحله بعد جرم ترفتالیک اسید مصرف شده در واکنش را به دست می‌آوریم:

$$? g C_8H_6O_4 = 5 L \text{ محلول} \times \frac{0/04 mol C_2H_5OH}{1 L \text{ محلول}} \times \frac{1 mol C_8H_6O_4}{2 mol C_2H_5OH} \times \frac{166 g C_8H_6O_4}{1 mol C_8H_6O_4} = 16/6 g$$

از ۳۳/۲ گرم ترفتالیک اسید اولیه، ۱۶/۶ گرم در واکنش مصرف شده است. در پایان نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\%50 = \frac{16/6}{33/2} \times 100 = \text{درصد ترفتالیک اسید مصرف شده}$$



۲۹- در تولید غیرمستقیم متانول از متان، ۲ لیتر متانول با چگالی $0/8 g.mL^{-1}$ تولید شده است. چند گرم گاز متان در این فرایند مصرف شده و گاز هیدروژن اضافی تولید شده در این فرایند، با چند گرم گاز اتین به طور کامل واکنش می‌دهد؟
($O = ۱۶, C = ۱۲, H = ۱ : g.mol^{-1}$)

۶۵۰ - ۸۰۰ (۴)

۱۴۰۰ - ۸۰۰ (۳)

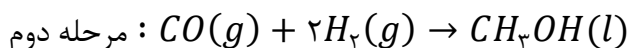
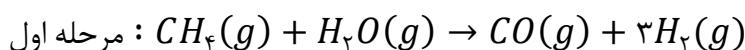
۶۵۰ - ۴۰۰ (۲)

۱۴۰۰ - ۴۰۰ (۱)

(سخت - محاسباتی - زمان‌بر) - صفحه ۱۳۱ - ۱۲۰۴

پاسخ: گزینه ۴

معادله‌های واکنش موازنه شده مرحله اول و دوم تولید غیرمستقیم متانول از متان به صورت زیر هستند:



بین این دو واکنش، کربن مونوکسید ماده مشترک است. ضریب این ماده در دو واکنش یکسان است؛ بنابراین دو واکنش کاملاً با یکدیگر هم‌ارز هستند و می‌توانیم مستقیماً از جرم متانول تولید شده در واکنش دوم، جرم متان مصرف شده در واکنش اول را محاسبه می‌کنیم. در واقع می‌توان گفت به ازای مصرف هر مول متان در واکنش اول، یک مول متانول در واکنش دوم تولید می‌شود. بر این اساس، داریم:

$$? g CH_4 = 2 L CH_3OH \times \frac{1000 mL CH_3OH}{1 L CH_3OH} \times \frac{0/8 g CH_3OH}{1 mL CH_3OH} \times \frac{1 mol CH_3OH}{32 g CH_3OH} \times \frac{1 mol CH_4}{1 mol CH_3OH} \times \frac{16 g CH_4}{1 mol CH_4} = 800 g$$

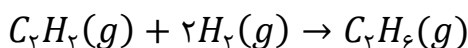
در ادامه با توجه به جرم متان مصرف شده، مقدار گاز هیدروژن تولید شده در مرحله اول را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol } H_2 = 800 \text{ g } CH_4 \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{16 \text{ g } CH_4} \times \frac{3 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } CH_4} = 150 \text{ mol}$$

از طرفی مقدار گاز هیدروژن مصرف شده در مرحله دوم برابر خواهد بود با:

$$? \text{ mol } H_2 = 800 \text{ g } CH_4 \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{16 \text{ g } CH_4} \times \frac{2 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } CH_4} = 100 \text{ mol}$$

از ۱۵۰ مول گاز هیدروژن تولید شده در واکنش اول، ۱۰۰ مول در واکنش دوم مصرف شده است. پس مقدار گاز هیدروژن اضافی برابر ۵۰ مول (۱۵۰-۱۰۰) است. معادله موازنه شده واکنش سیر شدن اتین با گاز هیدروژن به صورت زیر است:



هر مول اتین با ۲ مول گاز هیدروژن واکنش داده و به هیدروکربنی سیر شده به نام اتان تبدیل می‌شود. در پایان جرم اتین مصرف شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ g } C_2H_2 = 50 \text{ mol } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_2}{2 \text{ mol } H_2} \times \frac{26 \text{ g } C_2H_2}{1 \text{ mol } C_2H_2} = 650 \text{ g}$$

کپسول دوپینگ | متانول

اولین عضو خانواده الکل‌هاست و فرمول مولکولی آن به صورت CH_3OH است.

بی‌بو، بی‌رنگ و بسیار سمی است و چون از چوب تهیه می‌شود، به الکل چوب معروف است.

به صورت نامحدود در آب حل می‌شود.

در فرایند بازیافت شیمیایی PET کاربرد دارد.

به روش‌های مستقیم و غیرمستقیم از متان تهیه می‌شود.

تولید متانول به روش غیرمستقیم در دو مرحله انجام می‌شود که شرایط انجام این دو مرحله متفاوت است.



۳۰- کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

- (۱) پلیمر PET، در واکنش با متانول، به مونومرهای سازنده خود تجزیه می‌شود.
- (۲) ذوب کردن، برخلاف تبدیل کردن به پرک، مرحله‌ای از بازیافت فیزیکی مواد پلاستیکی است.
- (۳) با کاهش شمار اتم‌ها در واکنش‌دهنده‌های فرایند استری شدن، واکنش از نظر اتمی به صرفه‌تر می‌شود.
- (۴) پلی اتیلن ترفتالات زیست تخریب ناپذیر بوده و می‌توان آن را به روش‌های فیزیکی و شیمیایی بازیافت کرد.

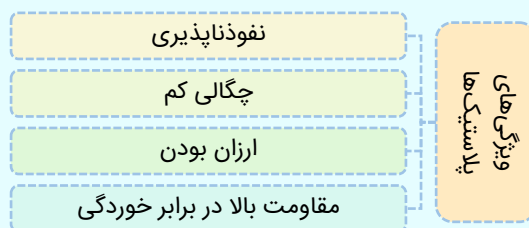
(آسان - خط به خط - سریع - صفحه ۱۳۱ - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

پلی اتیلن ترفتالات از جمله پلیمرهای زیست تخریب ناپذیر است و در طبیعت، به آسانی تجزیه نمی‌شود. استفاده بی‌رویه و بیش از حد این ماده در صنایع گوناگون، به همراه زیست تخریب ناپذیری آن، سبب شده که در جای‌جای کره زمین یافت شود. از این رو بازیافت آن اجتناب‌ناپذیر است. برای بازیافت آن می‌توان از روش‌های فیزیکی و شیمیایی بهره برد.

پلاستیک‌ها

پلاستیک‌ها یکی از نتایج خلاقیت و نوآوری بشر هستند که با استفاده از برخی از انواع پلیمرهای ساختگی مثل پلی‌اتیلن ترفتالات و پلی‌اتن تولید می‌شوند. ویژگی‌های مهم پلاستیک‌ها به شرح زیر هستند:



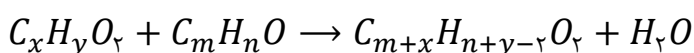
استفاده بی‌رویه و بیش از حد پلاستیک‌ها در صنایع گوناگون و زیست‌تخریب‌ناپذیر بودن آن‌ها سبب شده که این مواد در جای‌جای کره زمین یافت شوند؛ پس باید راهی برای بازیافت این مواد پیدا کرد. یکی از مواد پلاستیکی قابل بازیافت، پلی‌اتیلن ترفتالات است. برای این منظور، مواد و وسایل ساخته شده از این پلیمر را باید به‌طور جداگانه جمع‌آوری کرده و پس از آن، با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به مواد قابل استفاده تبدیل کرد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) در شرایط مناسب با متانول واکنش داده و به مواد مفیدی تبدیل می‌شود؛ موادی که می‌توان آن‌ها را برای تولید پلیمرها به کار برد. توجه داریم که این مواد مونومرهای سازنده پلی‌اتیلن ترفتالات نیستند.

۲) یکی از راه‌های بازیافت فیزیکی مواد پلاستیکی این است که آن‌ها را پس از شست‌وشو و تمیز کردن، ذوب کرده و دوباره از آن‌ها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند. البته پس از شست و شوی مواد پلاستیکی می‌توان آن‌ها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. استفاده از پرک نیز از جمله روش‌های فیزیکی بازیافت پلاستیک‌ها به‌شمار می‌رود.

۳) یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به‌صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شود. معادله واکنش استری شدن به‌صورت زیر است:



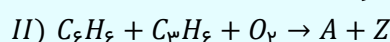
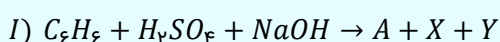
درصدی از اتم‌های واکنش‌دهنده که به فراورده فرعی یعنی آب تبدیل می‌شوند به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$A = \frac{r}{x + y + m + n + 3} \times 100$$

به ازای هر بار انجام واکنش، ۳ اتم در ساختار فراورده جانبی قرار می‌گیرد؛ بنابراین با افزایش شمار اتم‌های موجود در واکنش‌دهنده‌ها، درصد اتم‌هایی که در ساختار آب قرار می‌گیرند کاهش پیدا می‌کند. پس می‌توان گفت با ایجاد این تغییر، واکنش مورد نظر از دیدگاه اتمی به‌صرفه‌تر خواهد بود و شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده وارد ساختار استر می‌شوند.

بازده اتمی در واکنش‌ها

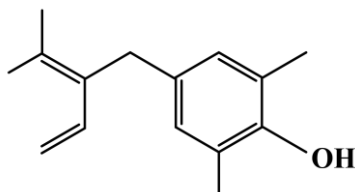
شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کم‌ترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است. یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی بازدهی بالاتری دارد که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شوند. به‌عنوان مثال، از دو واکنش زیر برای تهیه ماده A استفاده می‌شود:



اگر X و Y پسماند باشند اما Z یک حلال صنعتی باشد، در واکنش دوم همه اتم‌های موجود در واکنش‌دهنده‌ها به مواد ارزشمند تبدیل شده‌اند و این واکنش از دیدگاه اتمی صرفه اقتصادی بیشتری دارد. در نقطه مقابل، واکنش اول صرفه اقتصادی ندارد چرا که برخی از اتم‌های موجود در مواد واکنش‌دهنده در قالب پسماندهای تولیدشده از دسترس خارج می‌شوند.

این سؤالات اضافه، هدیه ما به تو هست تا بتونی با تمرین بیشتر، خودت رو بهتر محک بزنی و آمادگی بیشتری کسب کنی! ♥

۱- یک نمونه ۸۳ گرمی از ترفتالیک اسید با خلوص ۸۰٪ را با مقدار کافی از الکل زیر وارد واکنش می‌کنیم. طی این فرایند، چند گرم ترکیب آلی تولید می‌شود؟



$$(O = 16, C = 12, H = 1 : g.mol^{-1})$$

$$224/8 \quad (2)$$

$$279 \quad (4)$$

$$144/8 \quad (1)$$

$$181 \quad (3)$$

(سخت - محاسباتی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

از جمله خواص الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها، واکنش آن‌ها با یکدیگر است. در طی این واکنش، یک بخش OH از گروه کربوکسیل و یک اتم H از گروه عاملی الکل جدا شده و مواد حاصل با یکدیگر پیوند اشتراکی برقرار می‌کنند. همان‌طور که می‌دانیم، گروه عاملی تشکیل شده در ترکیب آلی حاصل از این واکنش، گروه استری نام داشته و آب نیز به‌عنوان فراورده جانبی تولید می‌شود. برای حل این مسئله لازم است که فرمول مولکولی ترکیب دارای گروه الکلی را پیدا کنیم. این ترکیب، دارای ۱۵ اتم کربن است. برای به دست آوردن تعداد اتم‌های هیدروژن از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

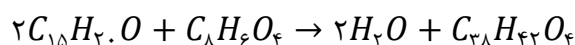
$$H \text{ شمار} = (C \text{ تعداد} \times 2) + 2 - (\text{تعداد حلقه} + \text{تعداد پیوند دوگانه}) \times 2 - (\text{تعداد پیوند سه‌گانه})$$

$$\text{تعداد } X - \text{تعداد } N + 4 \times \text{هالوژن}$$

بنابراین تعداد اتم‌های هیدروژن این ترکیب برابر خواهد بود با:

$$H \text{ شمار} = 2(15) + 2 - 2(5 + 1) = 20$$

با توجه به محاسبات انجام شده، فرمول مولکولی این ترکیب به صورت $C_{15}H_{20}O$ است. ترفتالیک اسید نوعی اسید دو عاملی و ترکیب آلی مطرح شده نوعی الکل یک‌عاملی است. از واکنش دی‌اسید و الکل یک‌عاملی، نوعی ترکیب آلی دارای دو گروه عاملی استری تولید می‌شود. معادله موازنه شده واکنش میان این مواد به صورت زیر است:



در ادامه جرم ترفتالیک اسید خالص موجود در این نمونه را محاسبه می‌کنیم:

$$g \text{ مقدار خالص} = 66/4 = \frac{\text{مقدار خالص}}{\text{مقدار ناخالص}} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{\text{مقدار خالص}}{83} \times 100$$

حال با توجه به معادله واکنش انجام شده، مقدار دی‌استر حاصل را به دست می‌آوریم:

$$? g C_{38}H_{42}O_4 = 66/4 g C_8H_6O_4 \times \frac{1 \text{ mol } C_8H_6O_4}{166 g C_8H_6O_4} \times \frac{1 \text{ mol } C_{38}H_{42}O_4}{1 \text{ mol } C_8H_6O_4} \times \frac{562 g C_{38}H_{42}O_4}{1 \text{ mol } C_{38}H_{42}O_4} = 224/8 g$$

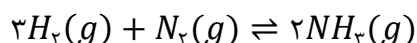


- ۲- تعادل مربوط به فرایند هابر، در یک ظرف برقرار بوده و مول همه مواد موجود در ظرف با یکدیگر برابر است. اگر با افزایش دما، مقدار مول واکنش دهنده با نقطه جوش پایین تر، $1/6$ برابر شود، ثابت تعادل واکنش به تقریب چند برابر خواهد شد؟
- (۱) $0/14$ (۲) $0/18$ (۳) $0/07$ (۴) $0/26$

پاسخ: گزینه ۳

(متوسط - محاسباتی - ۱۳۰۴)

معادله موازنه شده فرایند هابر به صورت زیر است:



از فرایند هابر برای تولید گاز آمونیاک در مقیاس صنعتی استفاده می شود. طبق گفته صورت سؤال، در تعادل اولیه مول همه مواد شرکت کننده در واکنش برابر است. اگر مول این مواد را برابر x و حجم ظرف را برابر V فرض کنیم، ثابت تعادل واکنش از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$K_1 = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 \times [N_2]} = \frac{\frac{x^2}{V^2}}{\frac{x^3}{V^3} \times \frac{x}{V}} = \frac{V^2}{x^2}$$

فرایند هابر گرماده بوده و با افزایش دما به سمت تولید واکنش دهنده ها پیش می رود. توجه داریم که نقطه جوش گاز هیدروژن در مقایسه با گاز نیتروژن پایین تر است. طبق گفته صورت سؤال، مول گاز هیدروژن $1/6$ برابر شده است؛ بنابراین می توان گفت با ایجاد این تغییر، مول آن از x به $1/6x$ رسیده و $0/6x$ مول از آن تولید شده است. حال به جدول زیر توجه کنید.

ماده	N_2	H_2	NH_3
مقدار اولیه (mol)	x	x	x
تغییر مقدار (mol)	$+0/2x$	$+0/6x$	$-0/4x$
مقدار تعادلی (mol)	$1/2x$	$1/6x$	$0/6x$

حال ثابت تعادل جدید را می نویسیم:

$$K_2 = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 \times [N_2]} = \frac{\frac{9}{25} \frac{x^2}{V^2}}{\frac{512}{125} \frac{x^3}{V^3} \times \frac{6}{5} \frac{x}{V}} = \frac{75}{1024} \frac{V^2}{x^2}$$

در پایان نسبت خواسته شده را محاسبه می کنیم:

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{75}{1024} \frac{V^2}{x^2}}{\frac{V^2}{x^2}} = \frac{75}{1024} \approx 0/07 \text{ برابر}$$

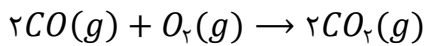


- ۳- در یک شهر، روزانه به طور میانگین ۲۰۰۰ خودرو، هر کدام ۵۰ کیلومتر طی مسیر می کنند. اگر در طی یک ماه در این شهر ۷۸۰۰ کیلوگرم کربن مونوکسید تولید شود، چند درصد از خودروهای این شهر مبدل کاتالیستی دارند؟ (به ازای هر کیلومتر مسافت در خودروی دارا و فاقد مبدل کاتالیستی، به ترتیب ۲ و ۶ گرم CO تولید می شود. $O = ۱۶, C = ۱۲ : g.mol^{-1}$)
- (۱) ۸۵ (۲) ۶۰ (۳) ۴۰ (۴) ۷۵

پاسخ: گزینه ۱

(متوسط - محاسباتی - ۱۲۰۴)

معادله موازنه شده واکنش حذف کربن مونوکسید در مبدل کاتالیستی به صورت زیر است:



ابتدا باید مقدار گاز کربن مونوکسید تولید شده توسط هر خودرو در طی یک ماه را محاسبه کنیم:

$$g CO = ۱ \text{ ماه} \times \frac{۳۰ \text{ روز}}{۱ \text{ ماه}} \times \frac{۵۰ \text{ km}}{۱ \text{ روز}} \times \frac{۶ \text{ g CO}}{۱ \text{ km}} \times \frac{۱ \text{ kg}}{۱۰۰۰ \text{ g}} = ۹ \text{ kg}$$

$$g CO = ۱ \text{ ماه} \times \frac{۳۰ \text{ روز}}{۱ \text{ ماه}} \times \frac{۵۰ \text{ km}}{۱ \text{ روز}} \times \frac{۲ \text{ g CO}}{۱ \text{ km}} \times \frac{۱ \text{ kg}}{۱۰۰۰ \text{ g}} = ۳ \text{ kg}$$

اگر فرض کنیم x خودرو در این شهر مبدل کاتالیستی دارند، پس می توان گفت $۲۰۰۰ - x$ خودرو فاقد مبدل کاتالیستی هستند. حال با استفاده از جرم کل کربن مونوکسید تولید شده در یک ماه، x را محاسبه می کنیم:

جرم کل کربن مونوکسید تولید شده

$$\text{جرم آلاینده تولید شده توسط خودروهای دارای مبدل} + \text{جرم آلاینده تولید شده توسط خودروهای فاقد مبدل} = (۹ \times (۲۰۰۰ - x)) + (۳ \times (x)) = ۱۸۰۰۰ - ۶x = ۷۸۰۰ \Rightarrow x = ۱۷۰۰$$

طبق محاسبات انجام شده، ۱۷۰۰ خودرو در این شهر مبدل کاتالیستی دارند. در پایان درصد این خودروها را به دست می آوریم:

$$A = \frac{۱۷۰۰}{۲۰۰۰} \times ۱۰۰ = ۸۵ \text{ درصد}$$

با توجه به محاسبات انجام شده، ۸۵ درصد خودروهای این شهر از مبدل کاتالیستی استفاده می کنند.



- ۴- کدام موارد از مطالب زیر درست هستند؟ ($O = ۱۶, C = ۱۲, H = ۱ : g.mol^{-1}$)

- الف - برای بازیافت پلی اتیلن ترفتالات در همه نقاط جهان، از تبدیل آن به مونومرهای سازنده استفاده می کنند.
 ب - در واکنش تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، میانگین عدد اکسایش اتم های کربن ۱/۵ واحد افزایش می یابد.
 ج - در واحد تکرارشونده پلی اتیلن ترفتالات، شمار اتم های اکسیژن برابر تفاوت شمار اتم های کربن و هیدروژن است.
 د - به ازای تولید ۱۲ گرم گاز هیدروژن در مرحله اول تولید متانول از متان، ۵۶ گرم گاز کربن مونوکسید تولید می شود.
- (۱) «الف» و «ج» (۲) «الف» و «د» (۳) «ب» و «ج» (۴) «ب» و «د»

پاسخ: گزینه ۴

(سخت - مفهومی و محاسباتی - ۱۲۰۴)

عبارت های (ب) و (د) درست هستند.

الف) یکی از راه‌های بازیافت مواد حاوی پلی‌اتیلن ترفتالات این است که آن‌ها را پس از شست‌وشو و تمیز کردن، ذوب کرده و دوباره از آن‌ها برای تولید وسایل و ابزار دیگر استفاده می‌کنند. البته پس از شست و شوی مواد پلاستیکی می‌توان آن‌ها را خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد؛ اما راه دیگری نیز وجود دارد که این پسماندها را به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه مفید و ارزشمند تبدیل می‌کنند. باید توجه داشت که سطح فناوری هر کشور یا گروه صنعتی است که تعیین می‌کند کدام راه را باید انتخاب کرد، زیرا برگرداندن پسماندها به مونومرهای سازنده کاری بس دشوار است. همان‌طور که مشخص است، هزینه تبدیل پلی‌اتیلن ترفتالات به مونومرهای خود بسیار بالا بوده و نمی‌توان در صنعت به‌طور گسترده از آن استفاده کرد.

ب) برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، از واکنش آن با محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات استفاده می‌شود. پارازایلن در این واکنش در نقش کاهنده بوده و عدد اکسایش دو عدد از اتم‌های کربن آن افزایش پیدا می‌کند. برای محاسبه میانگین عدد اکسایش اتم‌های کربن پارازایلن و ترفتالیک اسید به صورت زیر عمل می‌کنیم:

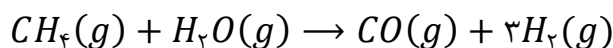
$$C_8H_{10} : 8C + 10 \times (+1) = 0 \Rightarrow C = -1/25$$

$$C_8H_6O_4 : 8C + 6 \times (+1) + 4 \times (-2) = 0 \Rightarrow C = 0/25$$

همان‌طور که مشخص است، میانگین عدد اکسایش هر اتم کربن به اندازه ۱/۵ واحد افزایش پیدا کرده است.

ج) فرمول شیمیایی واحد تکرارشونده پلی‌اتیلن ترفتالات به صورت $C_8H_8O_4$ است. همان‌طور که مشخص است، شمار اتم‌های اکسیژن آن از تفاوت شمار اتم‌های کربن و هیدروژن ۲ واحد بیش‌تر است.

د) معادله موازنه شده مرحله اول تولید متانول از متان به صورت زیر است:



حال مقدار کربن مونوکسید تولید شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$? g CO = 12 g H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 g H_2} \times \frac{1 \text{ mol } CO}{3 \text{ mol } H_2} \times \frac{28 g CO}{1 \text{ mol } CO} = 56 g$$



۵- کدام یک از گزینه‌های زیر درباره واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن درست است؟

۱) اگر گاز سبک‌تر را با گاز نیتروژن جایگزین کنیم، فاصله قله انرژی از واکنش‌دهنده‌ها کاهش پیدا می‌کند.

۲) به کار بردن کاتالیزگر در این واکنش، اندازه آنتالپی واکنش را بیشتر از انرژی فعال‌سازی کاهش می‌دهد.

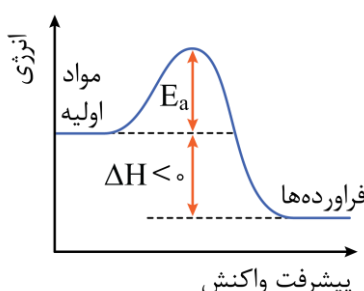
۳) برای کاهش انرژی فعال‌سازی آن می‌توان از نخستین فلزی که لایه سوم آن پر از الکترون است، استفاده کرد.

۴) با استفاده از کاتالیزگر، درصد کاهش فاصله قله انرژی از فراورده کمتر از درصد کاهش انرژی فعال‌سازی خواهد بود.

(سخت - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

نمودار انرژی - پیشرفت واکنش برای واکنش‌های گرماده به‌صورت زیر است:



همان طور که مشخص است، در این واکنش ها انرژی قله به واکنش دهنده ها نزدیک تر است. از طرفی با به کار بردن کاتالیزگر، فاصله قله انرژی از فراورده ها و واکنش دهنده ها کاهش پیدا می کند. اندازه این کاهش برای واکنش دهنده ها و فراورده ها یکسان است اما به دلیل فاصله کمتر قله انرژی از مواد واکنش دهنده، درصد این کاهش برای مواد واکنش دهنده بیشتر خواهد بود. برای اثبات این نکته، به یک مثال فرضی توجه کنید. فرض می کنیم انرژی واکنش دهنده ها، فراورده ها و قله انرژی در حالت اول به ترتیب برابر ۵۰، ۲۰ و ۱۰۰ باشد. همان طور که می دانیم، استفاده از کاتالیزگر بر انرژی فراورده ها و واکنش دهنده ها اثری ندارد اما انرژی قله را کاهش می دهد؛ بنابراین فرض می کنیم انرژی قله به ۶۰ برسد. با ایجاد این تغییر، فاصله انرژی قله از مواد واکنش دهنده از ۵۰ (۵۰-۱۰۰) به ۱۰ (۶۰-۵۰)، یعنی به اندازه ۸۰ درصد مقدار اولیه کاهش پیدا کرده است. در حالی که فاصله انرژی قله از مواد فراورده از ۸۰ (۲۰-۱۰۰) به ۴۰ (۶۰-۲۰) یعنی به اندازه ۵۰ درصد مقدار اولیه کاهش پیدا کرده است. توجه داریم که فاصله انرژی قله و مواد واکنش دهنده، همان انرژی فعال سازی است.

بررسی سایر گزینه ها:

۱ در شرایط یکسان، چگالی گازها با جرم مولی آن ها رابطه مستقیم دارد؛ بنابراین منظور از گاز سبک تر، گاز هیدروژن است. گازهای هیدروژن و اکسیژن در حضور کاتالیزگر مناسب و یا جرقه، به سرعت با یکدیگر واکنش می دهند. این در حالی است که در حضور گازهای اکسیژن و نیتروژن، با وجود جرقه یا کاتالیزگر، واکنشی انجام نمی شود؛ بنابراین می توان گفت انرژی فعال سازی یا همان فاصله قله انرژی از واکنش دهنده ها، برای واکنش اکسیژن و نیتروژن بزرگ تر از واکنش اکسیژن و هیدروژن است.

۲ استفاده از کاتالیزگر، تأثیری بر سطح انرژی واکنش دهنده ها، فراورده ها، آنتالپی واکنش و ... نداشته و تنها انرژی فعال سازی را کاهش می دهد.

۳ برای کاهش انرژی فعال سازی واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن می توان از فلز روی استفاده کرد. این فلز دومین فلزی است که لایه سوم الکترونی آن پر از الکترون است. این لایه برای اولین بار در آرایش الکترونی مس پر از الکترون می شود.

