۱ همه عبارت‌های داده شده درست بوده و هیچ عبارت نادرستی وجود ندارد.

بررسی موارد:

آ: معادله داده شده، مربوط به فرایند سوختن هیدروکربن‌ها است. واکنش سوختن، همانند واکنش اکسایش، یک واکنش گرماده است؛ بنابراین سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها در آن از سطح انرژی فراورده‌ها بالاتر است. در حد کتاب درسی شیمی دبیرستان، واکنش اکسایش گاز نیتروژن و تبدیل آن به نیتروژن مونوکسید، تنها واکنش اکسایشی است که با گرفتن انرژی همراه است.

ب: ابتدا واکنش سوختن این هیدروکربن را موازنه می‌کنیم:

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

در ادامه تعداد مول C_xH_y را حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\ C_xH_y = 44/8\ L\ CO_2 \times \frac{1\ mol\ CO_2}{22/4\ L\ CO_2} \times \frac{1\ mol\ C_xH_y}{x\ mol\ CO_2} = \frac{2}{x} mol\ C_xH_y$$

پس $\frac{2}{x} mol$ از C_xH_y، به اندازه ۲۵/۶ گرم جرم دارد؛ بنابراین داریم:

$$\frac{2}{x} \times \underbrace{(12x + y)}_{\text{جرم مولی هیدروکربن}} = 25/6 \rightarrow 24 + \frac{2y}{x} = 25/6 \rightarrow \frac{y}{x} = \frac{1/6}{2} = 0/8 \Rightarrow \frac{x}{y} = \frac{1}{0/8} = \frac{10}{8} = 1/25$$

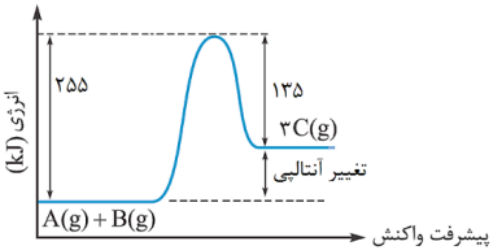
پ: انرژی ذرات واکنش‌دهنده به دمای آن‌ها بستگی دارد و با کاهش دما از مقدار این انرژی کاسته می‌شود. در دمای مورد نظر، انرژی ذرات واکنش‌دهنده از کمینه انرژی موردنیاز برای شروع شدن واکنش(انرژی فعال‌سازی) کمتر است، بنابراین در این دما واکنش انجام نشده و سرعت انجام آن برابر صفر است. در این حالت، ذرات واکنش‌دهنده به‌صورت دست‌نخورده باقی می‌مانند.

ت: واکنش داده شده، در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای بنزینی انجام شده و باعث حذف هیدروکربن‌های نسوخته در گازهای خروجی از اگزوز خودروها و تبدیل آن به گازهای کم‌خطرتر CO_2 و H_2O می‌شود. توجه داریم که گازهای CO_2 و H_2O باعث ایجاد اثر گلخانه‌ای می‌شوند. تصویر زیر، نمایی از مبدل کاتالیستی مورد نظر را نشان می‌دهد:



(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲ نمودار زیر، روند تغییر انرژی در واکنش مورد نظر را نشان می‌دهد:



با توجه به نمودار داده شده، مقدار تغییر آنتالپی واکنش را محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta H = \left(\text{انرژی فعالسازی رفت}\right) - \left(\text{انرژی فعالسازی برگشت}\right) = (255) - (135) = 120\ kJ$$

با توجه به تغییر آنتالپی این واکنش، مقدار انرژی مبادله شده را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,kJ\ \text{انرژی} = 2\ mol\ C \times \frac{120\ kJ\ \text{انرژی}}{3\ mol\ C} = 80\ kJ$$

توجه داریم که این واکنش گرماگیر بوده و با افزایش سطح انرژی مواد شرکت‌کننده در آن همراه است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳ در این خودرو به‌ازای طی هر کیلومتر مسافت، مقدار ۱/۶ = ۰/۱۵ − ۱/۷۵ گرم از این آلکان در مبدل کاتالیستی می‌سوزد و الباقی به‌صورت هیدروکربن نسوخته، وارد هوا می‌شود. در این رابطه، داریم:

$$\text{درصد حذف هیدروکربن‌های نسوخته} = \frac{۱/۶}{۱/۷۵} \times ۱۰۰ \simeq ۹۱/۴ \text{ درصد}$$

واکنش سوختن کامل این آلکان به‌صورت زیر است:

$$C_xH_{۲x+۲} + \frac{(۳x+۱)}{۲}O_۲ \rightarrow xCO_۲ + (x+۱)H_۲O$$

جرم آلکان مصرف شده به‌ازای طی این مسافت، برابر با $۱/۶ \times ۱۹۶ = ۳۱۳/۶\ g$ است. از طرفی با توجه به جرم مولی این آلکان که طبق فرض سوال برابر با ۱۲۸ گرم بر مول است، داریم:

$$۱۲x + (۲x+۲) = ۱۴x + ۲ = ۱۲۸ \rightarrow x = ۹$$

بنابراین از سوختن یک مول از این آلکان($C_۹H_{۲۰}$)، مقدار ۹ مول گاز کربن دی‌اکسید و ۱۰ مول بخار آب تولید می‌شود. در ادامه، به‌منظور محاسبهٔ سرعت متوسط تولید گاز $CO_۲$، ابتدا جرم گاز $CO_۲$ تولید شده را حساب می‌کنیم:

$$?\,g\ CO_۲ = ۳۱۳/۶\ g\ C_۹H_{۲۰} \times \frac{۱\ mol\ C_۹H_{۲۰}}{۱۲۸\ g\ C_۹H_{۲۰}} \times \frac{۹\ mol\ CO_۲}{۱\ mol\ C_۹H_{۲۰}} \times \frac{۴۴\ g\ CO_۲}{۱\ mol\ CO_۲} = ۹۷۰/۲\ g$$

در نهایت، سرعت متوسط تولید گاز $CO_۲$ را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{سرعت متوسط تولید گاز } CO_۲ = \frac{\text{جرم گاز } CO_۲ \text{ تولید شده بر حسب گرم}}{\text{زمان بر حسب ساعت}} = \frac{۹۷۰/۲}{۷۵ \times \frac{۱}{۶۰}} = ۷۷۶/۱۶\ g.h^{-۱}$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

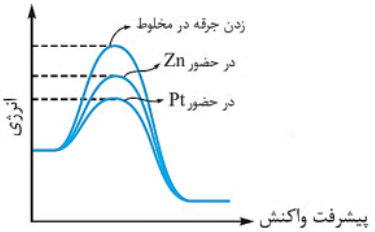
۴ موارد اول، دوم و پنجم درست هستند. با افزایش دما در یک واکنش، میانگین انرژی جنبشی ذرات و سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها افزایش می‌یابد، در نتیجه تعداد ذره‌های بیشتری می‌توانند در واحد زمان با عبور از سد انرژی فعال‌سازی به فراورده‌ها تبدیل شوند. توجه داریم که با افزایش دما، مقدار گرمای مبادله شده در واکنش و انرژی فعال‌سازی واکنش بدون تغییر باقی می‌مانند. در واقع، افزایش دمای محیط یک واکنش با تامین انرژی فعال‌سازی مورد نیاز برای انجام شدن آن واکنش، منجر به افزایش سرعت آن واکنش می‌شود.

به حداقل مقدار انرژی مورد نیاز برای شروع‌شدن یک واکنش شیمیایی، انرژی فعال‌سازی گفته می‌شود. یکی از راه‌های تأمین انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها، دادن گرما به واکنش‌دهنده‌ها است. به عنوان مثال، با کشیدن نوک کبریت بر روی سطح زبر قوطی کبریت، مقداری گرما تولید می‌شود. این گرما انرژی فعال‌سازی واکنش را تأمین کرده و سبب سوختن کبریت می‌شود. انرژی فعال‌سازی واکنش‌های شیمیایی را با نماد E_a نشان داده و مقدار آن را با یکای کیلوژول گزارش می‌کنند. توجه داریم که سرعت انجام هر واکنش، با انرژی فعال‌سازی آن واکنش رابطه معکوس داشته و کاتالیزگرها با تغییر مسیر واکنش‌ها و کاهش مقدار انرژی فعال‌سازی آن‌ها، سرعت انجام‌شدن واکنش را افزایش می‌دهند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۵ پودر روی، در مقایسه با توری پلاتینی، انرژی فعال‌سازی واکنش میان گازهای H_2 و O_2 را به مقدار کمتری کاهش داده و به همین خاطر، این کاتالیزگر در مقایسه با یک توری پلاتینی سرعت واکنش را نیز به مقدار کمتری افزایش می‌دهد. نمودار زیر، روند تغییر مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش مورد نظر را در حضور هر کاتالیزگر نشان می‌دهد:



عوامل موثر بر سرعت واکنش سوختن گاز H_2:

مخلوط گازهای هیدروژن و اکسیژن را در غیاب کاتالیزگر می‌توان برای مدت طولانی نگه داشت. در این شرایط، هیچ واکنشی انجام نشده و مخلوط موردنظر به‌صورت دست‌نخورده باقی می‌ماند؛ چرا که انرژی فعال‌سازی این واکنش خیلی بزرگ است. با ایجاد جرقه در مخلوط واکنش، انرژی فعال‌سازی آن تأمین شده و گازهای مورد نظر با سرعت خیلی بالایی با یکدیگر واکنش می‌دهند. از طرف دیگر، در صورت اضافه‌کردن کاتالیزگر مناسب(نمونه‌هایی از فلزهای Pt و Zn) به مخلوط واکنش نیز با کاهش انرژی فعال‌سازی آن، سرعت انجام‌شدن واکنش افزایش پیدا می‌کند.

توجه داریم که فلز پلاتین، متعلق به گروه شماره ۱۰ از تناوب ششم بوده و از جمله عناصر دستهٔ d به‌شمار می‌رود. این عنصر فلزی، همانند طلا، پتانسیل کاهشی استاندارد بسیار بالایی داشته و با توجه به واکنش‌پذیری کم خود، در دستهٔ فلزهای نجیب قرار می‌گیرد. این عنصر فلزی با محلول حاوی کاتیون مس واکنش نداده و حتی در حضور محیط‌های اسیدی هم با گاز اکسیژن واکنش نمی‌دهد و دچار خوردگی نمی‌شود.

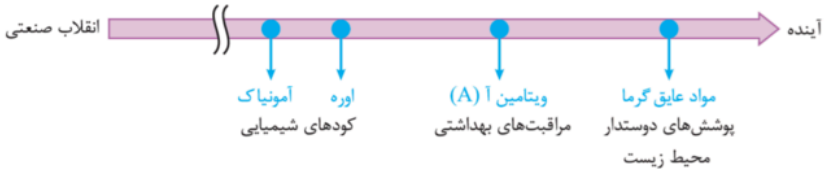
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۶ عبارت‌های (ب) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: تولید هر سه مادهٔ آمونیاک، اوره و ویتامین (آ) پس از انقلاب صنعتی آغاز شده است؛ ولی از بین این سه ماده تنها آمونیاک و اوره در آب محلول‌اند. روند تولید این مواد در سال‌های بعد از انقلاب صنعتی به‌صورت زیر است:



ب: گازهای کربن مونوکسید، گوگرد دی‌اکسید، نیتروژن مونوکسید و هیدروکربن‌های نسوخته از جمله آلاینده‌هایی هستند که در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی وارد هواکره می‌شوند. جدول زیر، جرم برخی از آلاینده‌های تولیدشده توسط خودروها به‌ازای طی یک کیلومتر مسافت را نشان می‌دهد:

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

با توجه به جدول بالا، مقدار گاز کربن مونوکسید تولید شده توسط خودروها، تقریبا ۵ برابر بیشتر از مقدار گاز NO تولید شده توسط آن‌ها است.

گاز NO یکی از آلاینده‌های موجود در هوا است که براساس معادله $O_2(g) + N_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ از واکنش میان گازهای اکسیژن و نیتروژن تولید می‌شود. گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد. شرایط مورد نیاز برای انجام‌شدن واکنش میان گازهای اکسیژن و نیتروژن، فقط در دماهای بسیار بالا(مثل شرایط موجود در موتور خودروهای مختلف و شرایط ایجادشده به هنگام رعدوبرق) فراهم می‌شود.

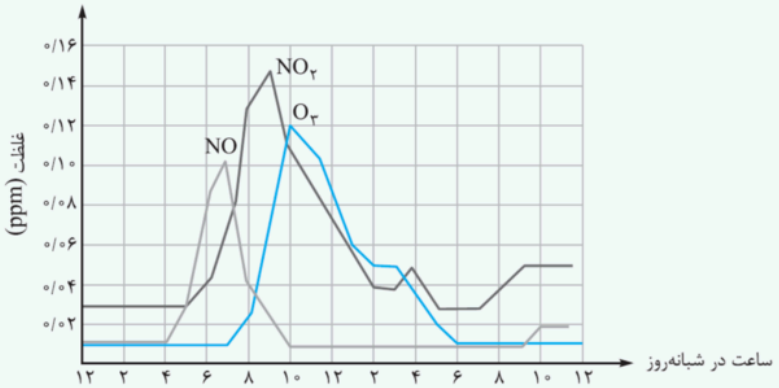
پ: یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی و مواد مختلف به کار می‌رود، طیف‌سنجی فروسرخ نام دارد. از این روش می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای استفاده کرد. افزون بر طیف‌سنجی فروسرخ، می‌توان از برهم‌کنش پرتوهای فرابنفش، نور مرئی و امواج رادیویی نیز برای شناسایی مواد گوناگون بهره برد. دستگاه MRI، نمونه‌ای از کاربردهای طیف‌سنجی در علم پزشکی است.

ت: با گذشت زمان و مصرف شدن گاز نیتروژن دی‌اکسید در واکنش تولید اوزون تروپوسفری، غلظت این گاز در هوای شهرهای بزرگ کاهش یافته و به دنبال آن، غلظت گاز O_3 به تدریج افزایش پیدا می‌کند. معادلهٔ واکنش تولید اوزون در لایه تروپوسفر به‌صورت زیر است:

$$NO_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO(g) + O_3(g)$$

توجه داریم که گاز اوزون از اکسیژن واکنش‌پذیرتر بوده و یک آلاینده سمی و خطرناک به شمار می‌آید، به‌طوری‌که حضور آن در هوایی که تنفس می‌کنیم، سبب سوزش چشم‌ها و آسیب‌دیدن ریه‌ها می‌شود.

نمودار زیر، روند تغییر غلظت سه مورد از گازهای آلاینده موجود در هواکره را نشان می‌دهد:



همانطور که مشخص است، حداکثر غلظت گاز NO_2 در هوای شهرهای بزرگ بیشتر از حداکثر غلظت گاز اوزون در هوا بوده و حداکثر غلظت گاز اوزون نیز بیشتر از حداکثر غلظت گاز NO است. گازهای NO و NO_2، از جمله گونه‌های رادیکال آزاد موجود در هوای آلوده هستند که باعث ایجاد بیماری‌های تنفسی مختلف برای انسان می‌شوند.

ث: با رشد دانش و فناوری، گسترش صنایع گوناگون و با انجام رفتارهای نادرست، گازهای آلاینده وارد هوا شده و دسترسی به هوای پاک محدودتر شده است. گازهای SO_2، NO_2، نیتروژن مونوکسید، کربن مونوکسید، اوزون، مواد آلی فرار و ذرات معلق، از جمله گازهای آلاینده‌ی موجود در هوای آلوده هستند. به دلیل وجود این آلاینده‌ها، هوای آلوده بوی بدی دارد، چهره شهر را زشت می‌کند، به فرایند فرسودگی ساختمان‌ها و پوسیدگی خودروها سرعت می‌بخشد و سبب ایجاد و تشدید بیماری‌های تنفسی از جمله برونشیت، آسم و سرطان ریه و حتی مرگ می‌شود. توجه داریم که همه گازهای موجود در هوای آلوده الزاما بوی بدی ندارند. برای مثال، گاز کربن مونوکسید یک گاز بی‌بو است. ساختار مولکولی این گاز به‌صورت زیر است:

$$:C \equiv O:$$

کربن مونوکسید گازی بی‌رنگ، بی بو و بسیار سمّی است. چگالی این گاز کمتر از هوا بوده و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است؛ به طوریکه این گاز به سرعت در همه فضای اتاق پخش می‌شود. از آنجا که میل ترکیبی هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر گاز اکسیژن است، مولکول‌های آن پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌های بدن جلوگیری می‌کنند. این ویژگی باعث مسمومیت فرد شده و سامانه عصبی او را فلج می‌کند و قدرت هرگونه اقدامی را از آن می‌گیرد. در چنین شرایطی، به فرد مسموم احساس خفگی دست داده و او سرانجام می‌میرد.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۷ 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.

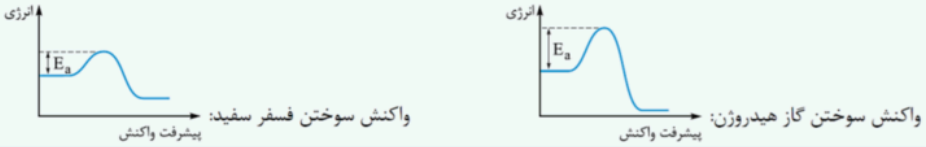
بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ شیمی‌دان‌ها با قراردادن کاتالیزگرهای مناسب بر سر راه گازهای خروجی از موتور خودروها، توانستند واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌های تولیدشده در موتور خودروها را با سرعت بالاتری به انجام برسانند و با این روش، مقدار زیادی از گازهای آلاینده را به فراورده‌های بی‌خطر یا کم‌خطر تبدیل کنند. کاتالیزگرهای استفاده‌شده توسط شیمی‌دان‌ها شامل عناصر فلزی رودیم، پالادیم و پلاتین هستند که در قالب مبدل‌های کاتالیستی بر سر راه گازهای خروجی از موتور خودروها قرار می‌گیرند. کارایی مبدل‌های کاتالیستی، به نوع کاتالیزگرهای موجود در آن‌ها و شرایط استفاده از کاتالیزگرها بستگی دارد. به عنوان مثال، این مبدل‌ها را می‌توان به شکل یک قطعه سرامیکی ساخت که به شکل توری درآمده و فلزهای رودیم، پالادیم و پلاتین بر روی آن‌ها نشانده شده است. توجه داریم که کاتالیزگرهای مورد نظر، از جمله عناصر فلزی بوده و خواص شیمیایی آن‌ها مشابه خواص شیمیایی عنصر ژرمانیم (یک عنصر شبه‌فلزی از گروه ۱۴ جدول دوره‌ای) نخواهد بود.

۳ چون مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن گاز هیدروژن در حضور گاز اکسیژن زیاد است، یک نمونه از این گاز، برخلاف یک نمونه فسفر سفید، در دمای اتاق نمی‌سوزد.

تاثیر مقدار انرژی فعالسازی بر سرعت واکنش‌ها:

برای مقایسه سرعت انجام‌شدن واکنش‌های شیمیایی مختلف، می‌توانیم مقدار انرژی فعال‌سازی این واکنش‌ها را با یکدیگر مقایسه کنیم. در این حالت، هر واکنشی که انرژی فعال‌سازی کم‌تری داشته باشد، در شرایط آسان‌تر و با سرعت متوسط بیشتری انجام می‌شود. به عنوان مثال، فسفر سفید برخلاف گاز هیدروژن در هوا و دمای اتاق می‌سوزد؛ چرا که انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن این ماده، کوچک‌تر از انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن گاز هیدروژن است. نمودارهای زیر، مربوط به واکنش سوختن این دو ماده است:



۴ در واکنش $2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$، برخلاف واکنش سوختن هیدروکربن‌ها و کربن مونوکسید، عدد اکسایش نیتروژن در نیتروژن مونوکسید از ۲+ به صفر رسیده و بنابراین گاز آلاینده کاهش یافته است. تصویر زیر، نمایی از مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی را نشان می‌دهد:



معادله واکنش‌های انجام شده در این مبدل‌ها به‌صورت زیر است:

$2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$:حذف گاز کربن مونوکسید (CO)

$2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$:حذف گاز نیتروژن مونوکسید (NO)

$C_xH_y(g) + (x + \frac{y}{4})O_2(g) \rightarrow xCO_2(g) + (\frac{y}{2})H_2O(g)$: حذف هیدروکربن‌های نسوخته

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

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

شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب ← تأمین غذای جهان

مبدل‌های کاتالیستی ← کاهش‌دادن آلودگی‌های ناشی از مصرف بنزین

صنایع الکترونیک ← گسترش فناوری تولید صفحه‌های نمایشگر در وسایل الکترونیکی

تصفیه آب ← جلوگیری از گسترش انواع بیماری‌ها از جمله وبا

تولید بنزین ← سرعت‌دادن به فرایند حمل‌ونقل در جهان

تولید پلاستیک ← دگرگون‌کردن صنعت تولید پوشاک و صنعت بسته‌بندی مواد غذایی و دارویی

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۸ کاتالیزگرها مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهند. با کاهش انرژی فعال‌سازی، سرعت انجام واکنش افزایش می‌یابد؛ اما رابطهٔ سرعت واکنش با عکس انرژی فعال‌سازی، یک رابطه خطی نیست. در این رابطه، داریم:

$$\frac{R_1}{R_2} \neq \frac{E_a(2)}{E_a(1)}$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) کاتالیزگر B نسبت به کاتالیزگر A انرژی فعال‌سازی را به میزان بیشتری کاهش داده و درنتیجه کاتالیزگر مناسب‌تری است. در واقع این کاتالیزگر، سرعت واکنش را به مقدار بیشتری افزایش می‌دهد.

۳) در صورت استفاده از کاتالیزگر، آنتالپی واکنش تغییر نمی‌کند. کاتالیزگرها صرفا مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها را تغییر می‌دهند. بنابراین در صورت استفاده از هر یک از این دو کاتالیزگر در شرایط یکسان، میزان گرمای یکسانی در این واکنش مبادله خواهد شد.

۴) در غیاب کاتالیزگر، سرعت واکنش کمتر است. توجه داریم که مسیر انجام واکنش در عدم حضور کاتالیزگر با مسیر انجام واکنش توسط هر کدام از این دو کاتالیزگر متفاوت خواهد بود.

با افزودن کاتالیزگر مناسب به مخلوط واکنش، سرعت انجام‌شدن آن واکنش شیمیایی افزایش پیدا می‌کند. به عنوان مثال، محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق و بدون حضور کاتالیزگر، به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می‌کند؛ در حالی که با افزودن چند قطره محلول پتاسیم یدید به سامانه واکنش، سرعت کلی واکنش و سرعت تولید گاز اکسیژن به مقدار زیادی افزایش پیدا می‌کند. در سایر واکنش‌های شیمیایی نیز همانند واکنش تجزیه هیدروژن پراکسید، با افزودن کاتالیزگر به مخلوط واکنش، سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فراورده‌ها افزایش پیدا می‌کند. در واقع، کاتالیزگرها با تغییر مسیر واکنش‌ها و کاهش مقدار انرژی فعال‌سازی آن‌ها، سرعت انجام‌شدن واکنش را افزایش می‌دهند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۹ معادله واکنش گرماگیر انجام شده طی این فرایند به صورت $A \rightarrow ۲B$ است. در قدم اول، مقدار تغییر آنتالپی واکنش(تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها) را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,kJ \text{ انرژی} = ۲\,mol\,B \times \frac{۱۵۰\,kJ \text{ انرژی}}{۵\,mol\,B} = ۶۰\,kJ \text{ انرژی} \xrightarrow{\text{واکنش گرماگیر است}} \Delta H = +۶۰\,kJ$$

هر نمونه ماده شامل تعدادی ذره می‌شود که افزون بر جنبش‌های نامنظم، با یکدیگر برهم‌کنش دارند. در واقع، ذرات سازنده یک نمونه ماده افزون بر انرژی جنبشی، دارای انرژی پتانسیل نیز هستند. شیمی‌دان‌ها انرژی کل(مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل) یک نمونه از ماده را هم‌ارز با محتوای انرژی یا آنتالپی آن نمونه می‌دانند. بر این اساس، هر سامانه در دما و فشار ثابت، آنتالپی معینی دارد که آن را با نماد H نشان می‌دهند. مقدار آنتالپی یک نمونه از ماده به دما، حالت فیزیکی و مقدار آن ماده بستگی دارد. توجه داریم که در واکنش‌های شیمیایی که در دما و فشار ثابت انجام می‌شوند، محتوای انرژی(آنتالپی) مواد تغییر می‌کند. تغییر آنتالپی واکنش‌های شیمیایی را با نماد ΔH داده و مقدار آن معادل با مقدار گرمای مبادله شده به هنگام انجام شدن واکنش در فشار ثابت(Q_P) است؛ پس داریم:

$$\Delta H_{(\text{واکنش})} = Q_p = H_{(\text{مواد فراورده})} - H_{(\text{مواد واکنش‌دهنده})}$$

بر این اساس، اگر آنتالپی فراورده‌های یک واکنش بیشتر از آنتالپی واکنش‌دهنده‌های مصرف شده در آن باشد(آنتالپی مواد با انجام شدن واکنش افزایش پیدا کند)، آن واکنش گرماگیر($\Delta H > ۰$) خواهد بود. در نقطه مقابل، اگر آنتالپی فراورده‌ها کمتر از آنتالپی واکنش‌دهنده‌های مصرف شده باشد(آنتالپی مواد با انجام شدن آن واکنش کاهش پیدا کند)، آن واکنش گرماده($\Delta H < ۰$) خواهد بود. نمودارهای زیر، روند تغییر آنتالپی را در یک واکنش گرماگیر و یک واکنش گرماده نشان می‌دهد:



توجه داریم که مقدار عددی ΔH واکنش‌ها، بزرگی گرمای مبادله شده در آن‌ها را نشان می‌دهد اما علامت ΔH واکنش‌ها مشخص کننده گرماده یا گرماگیر بودن آن‌ها است.

تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها برابر با ۶۰ کیلوژول و تفاوت سطح انرژی فراورده‌ها با قله نمودار نیز برابر با ۶۰ کیلوژول است؛ پس می‌توان گفت تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و قله نمودار انرژی-پیشرفت برابر با ۱۲۰ کیلوژول می‌شود. در قدم بعد، سرعت متوسط واکنش انجام شده طی این فرایند را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \frac{\Delta n(B)}{B \text{ ضریب} \times \Delta t} = \frac{۵\,mol\,B}{۲ \times (۲\,min \times \frac{۱\,h}{۶۰\,min})} = ۷۵\,mol.h^{-۱}$$

(مار ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۰ کربن مونوکسید و نیتروژن مونوکسید، موادی هستند که از مولکول‌های دواتمی ناجورهسته(مولکول‌های دواتمی که از اتصال دو اتم متفاوت به هم متصل شده‌اند) تشکیل شده و قطبی به شمار می‌روند، درحالی که هیدروکربن‌های نسوخته از جمله مواد ناقطبی هستند. خودرو مورد نظر با طی کردن ۱ کیلومتر مسافت، ۶/۱۶ گرم گاز کربن مونوکسید(معادل با ۰/۲۲ مول گاز کربن مونوکسید) و ۱/۲ گرم گاز نیتروژن مونوکسید(معادل با ۰/۰۴ مول گاز نیتروژن مونوکسید) تولید می‌کند؛ پس می‌توان گفت تفاوت شمار مول گازهای تولید شده در طول هر کیلومتر مسافت، برابر با ۰/۱۸ مول است. بر این اساس، مسافت طی شده توسط این خودرو در طول هر روز را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,km\ \text{مسافت} = ۵/۴\,mol\ \text{تفاوت شمار مول آلاینده‌ها} \times \frac{۱\,km\ \text{مسافت}}{۰/۱۸\,mol\ \text{تفاوت شمار مول آلاینده‌ها}} = ۳۰\,km\ \text{مسافت}$$

این خودرو هر روز ۳۰ کیلومتر مسافت را طی می‌کند، پس مسافت طی شده توسط این خودرو در طول هر هفته برابر با ۲۱۰ کیلومتر و در طول هر ماه(معادل با ۳۰ روز) نیز برابر با ۹۰۰ کیلومتر می‌شود. در قدم بعد، محاسبه می‌کنیم که خودرو مورد نظر با طی ۱۰۰ کیلومتر مسافت، چند مول گاز نیتروژن مونوکسید تولید می‌کند.

$$?\,mol\ NO = ۱۰۰\ km\ \text{مسافت} \times \frac{۱/۲\,g\ NO}{۱\ km\ \text{مسافت}} \times \frac{۱\,mol\ NO}{۳۰\,g\ NO} = ۴\,mol$$

در ادامه، مقدار گاز اکسیژن مصرف شده در واکنش $۲NO(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲NO_۲(g)$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\ O_۲ = ۴\,mol\ NO \times \frac{۱\,mol\ O_۲}{۲\,mol\ NO} = ۲\,mol$$

مبدل‌های کاتالیستی، در حدود ۸۹/۸% از گاز CO، حدود ۹۵/۸% از هیدروکربن‌های نسوخته و ۹۶/۲% از گاز NO تولیدشده در موتور را به فراورده‌های کم‌خطر تبدیل می‌کنند؛ پس این مبدل‌ها مقدار بیشتری (۵/۳۸ گرم به ازای طی یک کیلومتر) از گاز CO را نسبت به دو آلایندهٔ دیگر حذف می‌کنند اما بیشترین تأثیر را در حذف گاز نیتروژن مونوکسید(حدود ۹۶/۲ درصد) دارند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۱ همه عبارت‌های داده شده درست هستند.

بررسی موارد:

آ: پرتوهای فروسرخ و امواج رادیویی، از جمله پرتوهای الکترومغناطیسی هستند. توجه داریم که مقدار طول موج امواج رادیویی نسبت به پرتوهای فروسرخ بلندتر بوده و انرژی این امواج نسبت به پرتوهای فروسرخ کمتر است.

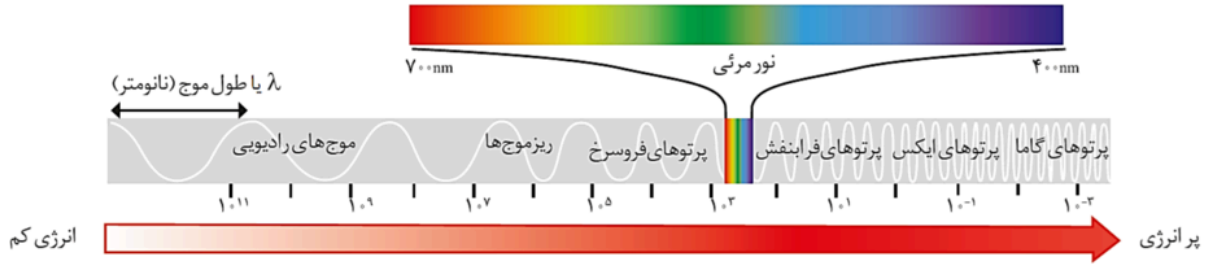
چند قید مهم در رابطه با امواج الکترومغناطیسی را به خاطر داشته باشید:

تجزیه نور خورشید، گستره پیوسته‌ای از رنگ‌ها را ایجاد می‌کند که شامل بی‌نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است.

گستره نور مرئی که چشم ما قادر به دیدن آن است، گستره‌ی محدودی است. این نور مرئی، تنها بخش کوچکی از گستره‌ی پرتوهای الکترومغناطیسی است.

نور خورشید شامل گستره بسیار بزرگ‌تری از گستره پرتوهای مرئی است.

تصویر زیر، انواع پرتوهای الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد:

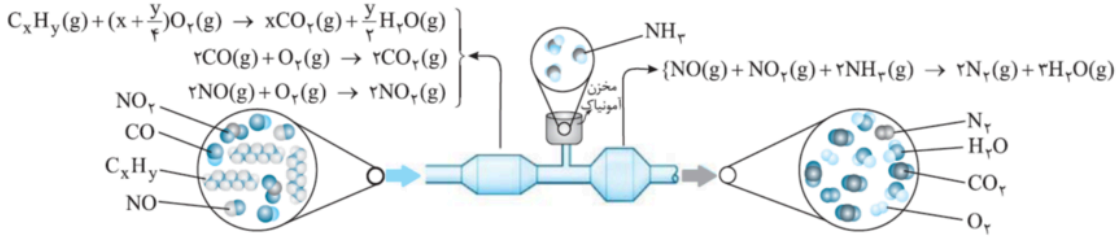


همانطور که گفتیم، امواج رادیویی از جمله پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج بسیار بلند هستند. امواج رادیویی، همانند سایر پرتوهای الکترومغناطیسی، با مولکول‌ها و گروه‌های عاملی موجود در آن‌ها برهمکنش خواهند داشت. در واقع مولکول‌ها طول موج‌های خاصی از این پرتوها را جذب کرده و طول موج‌های خاصی از آن‌ها را نیز بازتاب می‌کنند. با توجه به الگوی جذب و بازتاب پرتوها، شیمی‌دان‌ها می‌توانند ساختار مواد و نوع گروه‌های عاملی موجود در آن‌ها را تشخیص بدهند. به این فرایند، اصطلاحا طیف‌سنجی گفته می‌شود. یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی و مواد مختلف به کار می‌رود، طیف‌سنجی فروسرخ نام دارد. از این روش می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای استفاده کرد. دستگاه MRI، نمونه‌ای از کاربردهای طیف‌سنجی در علم پزشکی است.

ب: واکنش تبدیل گرافیت به الماس، یک فرایند گرماگیر است و همانطور که می‌دانیم، در هر واکنش شیمیایی گرماگیر مقدار انرژی فعال‌سازی حتما بیشتر از مقدار تغییر آنتالپی است.

پ: برای افزایش کارایی مبدل‌های کاتالیستی، گاهی سرامیک موجود در این دستگاه‌ها را به شکل مِش(دانه‌های ریز) درمی‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند. با این کار، سطح تماس کاتالیزگر با گازهای آلاینده(هیدروکربن‌های نسوخته، اکسیدهای نیتروژن و گاز کربن مونوکسید) بیشتر شده و بر این اساس، سرعت حذف آلاینده‌ها افزایش پیدا می‌کند.

ت: تصویر زیر، نمایی از مبدل‌های کاتالیستی موجود در خودروهای دیزلی را نشان می‌دهد:



همانطور که مشخص است، گازهای نیتروژن، کربن دی‌اکسید، اکسیژن و بخار آب، از جمله مواد خارج شده از این مبدل‌ها هستند.

بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که با استفاده از مبدل‌های کاتالیستی عادی نمی‌توان گازهای NO و NO_2 تولیدشده در موتور خودروهای دیزلی را به فراورده‌های بی‌خطر(گاز نیتروژن و اکسیژن) تبدیل کرد و این مبدل‌ها فقط توانایی حذف آلاینده‌های تولیدشده در خودروهای بنزینی را دارند. در این خودروها، از مبدل‌های دومحفظه‌ای استفاده می‌شود. در این مبدل‌ها، گاز آمونیاک به داخل محفظه واکنش تزریق شده و از واکنش این ماده با گازهای NO و NO_2، نیتروژن و بخار آب به عنوان فراورده تولید می‌شوند. توجه داریم که این مبدل‌ها تا حدود زیادی از ورود گازهای NO و NO_2 به هواکره جلوگیری می‌کنند، اما باز هم مقداری از این گازهای آلاینده وارد هواکره می‌شوند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

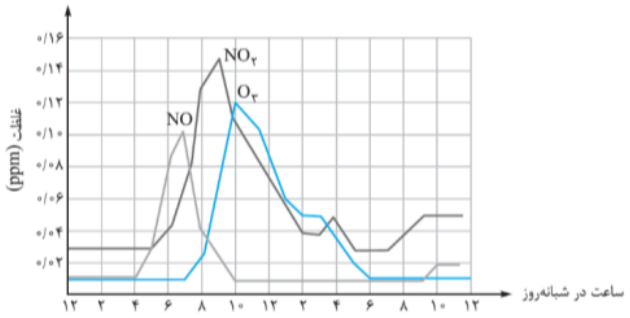
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۲ با رشد دانش و فناوری، گسترش صنایع گوناگون و با انجام رفتارهای نادرست از دیدگاه زیست‌محیطی، گازهای آلاینده وارد هوا شده و دسترسی به هوای پاک محدودتر شده است. هوای آلوده حاوی گازهای گوناگونی مانند O_2، SO_2، NO_2، CO، NO، ذره‌های معلق و مواد آلی فرار است. این آلاینده‌ها اغلب از اگزوز خودروها و دودکش کارخانه‌ها خارج می‌شوند. توجه داریم که اتم‌های اکسیژن در ساختار برخی از آلاینده‌های خارج شده از اگزوز خودروها مثل هیدروکربن‌های نسوخته(C_xH_y) وجود ندارند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) هوای خشک و پاک، مخلوطی از گازهای گوناگون است که به طور یکنواخت در هواکره پخش شده‌اند؛ در حالی که هوای آلوده افزون بر این مواد، حاوی گازهای گوناگونی مانند گوگرد دی‌اکسید، اکسیدهای نیتروژن و ... است. به دلیل وجود این آلاینده‌ها، هوای آلوده بوی بدی دارد، چهره شهرهای مختلف 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.

۲) نمودار زیر، روند تغییر غلظت سه مورد از گازهای آلاینده موجود در هواکره را نشان می‌دهد:



همانطور که مشخص است، حداکثر غلظت گاز NO_2 در هوای شهرهای بزرگ بیشتر از حداکثر غلظت گاز اوزون در هوا بوده و حداکثر غلظت گاز اوزون در این شهرها نیز بیشتر از حداکثر غلظت گاز NO است. گازهای NO و NO_2، از جمله گونه‌های رادیکال آزاد موجود در هوای آلوده هستند که باعث ایجاد بیماری‌های تنفسی می‌شوند.

۴) گاز NO یکی از آلاینده‌های موجود در هوا است که براساس معادله $O_2(g) + N_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ از واکنش میان گازهای اکسیژن و نیتروژن تولید می‌شود. این واکنش، انرژی فعال‌سازی بالایی داشته و به همین خاطر، گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، به طور معمول با گاز اکسیژن وارد واکنش نمی‌شود. شرایط مورد نیاز برای انجام‌شدن واکنش میان گازهای اکسیژن و نیتروژن، فقط در دماهای بسیار بالا(مثل شرایط موجود در موتور خودروها و شرایط ایجادشده به هنگام رعدوبرق) فراهم می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳ برای آن‌که تغییر حجم بر جابه‌جایی یک تعادل شیمیایی مؤثر باشد، باید حداقل یکی از اجزای شرکت‌کننده در واکنش گازی‌شکل باشد و تعداد مول‌های گازی در دو طرف معادله واکنش نیز برابر نباشند. در واکنش $NiO(s) + CO(g) \rightleftharpoons Ni(s) + CO_2(g)$، تعداد مول‌های گازی در دو سمت معادله یکسان است، پس تغییر فشار بر جابه‌جایی این تعادل تاثیری ندارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) با دقت در رابطه ثابت تعادل واکنش‌های مختلف، پی می‌بریم که یکای ثابت تعادل برای واکنش‌های مختلف یکسان نیست و ثابت تعادل هر واکنش، یکای مخصوص به خود را دارد. برای به دست آوردن یکای ثابت تعادل، می‌توانیم رابطه ثابت تعادل مربوط به یک واکنش را بنویسیم و به جای غلظت مواد، یکای مربوط به غلظت مولی آن‌ها($mol.L^{-1}$) را در این رابطه قرار بدهیم. به عنوان مثال، یکای ثابت تعادل واکنش شیمیایی $3H_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ به صورت زیر به دست می‌آید:

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} \xrightarrow{\text{جای‌گذاری یکای غلظت به جای غلظت هر ماده}} \frac{(mol.L^{-1})^2}{(mol.L^{-1})(mol.L^{-1})^3} = (mol.L^{-1})^{-2} = L^2.mol^{-2}$$

به طریق مشابه، یکای ثابت تعادل واکنش $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ به صورت $L.mol^{-1}$ می‌شود.

۳) با افزودن کاتالیزگر مناسب به مخلوط واکنش، سرعت انجام‌شدن آن واکنش شیمیایی افزایش پیدا می‌کند. هرچند که کاتالیزگر سرعت برقرار شدن تعادل را بیشتر کرده و مدت زمان مورد نیاز را کاهش می‌دهد، اما توجه داریم که افزودن کاتالیزگر به سامانه واکنش، تاثیری در مقدار ثابت تعادل و مقدار نهایی فراورده تولید شده ندارد. به عنوان مثال، فلز آهن کاتالیزگر فرایند هابر بوده و با افزودن این عنصر به ظرف واکنش، فقط مدت زمان لازم برای برقراری تعادل کاهش پیدا می‌کند اما مقدار ثابت تعادل واکنش هیچ تغییری نمی‌کند.

۴) یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان برای رشد، نیتروژن است. گیاهان علاوه بر نیتروژن، به عناصر فسفر، پتاسیم و ... نیز برای رشد خود نیاز دارند. هر چند که در حدود ۸۰٪ از حجم هوا توسط گاز نیتروژن تشکیل شده است، اما گیاهان نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به طور مستقیم از هوا جذب کنند. به همین خاطر، نیتروژن را باید در قالب ترکیبات نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود. به عنوان مثال، در برخی از کشورها برای افزایش بازده تولید فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی به طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند. تصویر زیر، روند مبادله گازهای مختلف را بین هواکره و زیست‌کره نشان می‌دهد:



همانطور که مشخص است، نیتروژن مورد نیاز گیاهان توسط باکتری‌های موجود در خاک جذب و تثبیت خواهد شد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴ تعداد مول متان موجود در مخلوط اولیه، ۰/۱۳ برابر تعداد مول بخار آب است. تعداد مول بخار آب را x و تعداد مول متان را $0/13x$ در نظر می‌گیریم. با توجه به فرض سوال، جرم مخلوط اولیه برابر با ۲۰۰/۸ گرم است. با استفاده از جرم مخلوط، تعداد مول اولیه متان و بخار آب را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم متان} = ۱۶ \times ۰/۱۳x = ۲/۰۸x \qquad \text{جرم آب} = ۱۸x$$

$$\text{جرم مخلوط} = \text{جرم آب} + \text{جرم متان} = ۱۸x + ۲/۰۸x = ۲۰/۰۸x = ۲۰۰/۸ \Longrightarrow x = ۱۰$$

بنابراین در مخلوط اولیه ۱۰ مول بخار آب و ۱/۳ مول متان وجود داشته است. پس از گذشت یک بازه زمانی مشخص، تعادل برقرار می‌شود و تعداد مول مواد تغییر می‌کند. بر این اساس، داریم:

$$CH_۴(g) + H_۲O(g) \rightleftharpoons CO(g) + ۳H_۲(g)$$

ابتدای واکنش :	۱/۳	۱۰	صفر	صفر
پس از تعادل :	$۱/۳ - y$	$۱۰ - y$	y	$۳y$

پس از برقراری تعادل، تعداد مول بخار آب ۳۰ برابر تعداد مول متان شده است. بر این اساس، داریم:

$$\frac{\text{مول بخار آب}}{\text{مول متان}} = \frac{۱۰ - y}{۱/۳ - y} = ۳۰ \Longrightarrow y = ۱$$

بنابراین با گذشت ۲۰ دقیقه از ابتدای واکنش، ۱ مول بخار آب و ۱ مول متان مصرف شده و ۹ مول بخار آب و ۰/۳ مول متان باقی می‌ماند. طی این فرایند، ۱ مول کربن مونوکسید و ۳ مول هیدروژن تولید می‌شود. حجم ظرف ۱ لیتر است پس غلظت تعادلی بخار آب، متان، کربن مونوکسید و هیدروژن به ترتیب برابر با ۹، ۰/۳، ۱ و ۳ مول بر لیتر است. بر این اساس، ثابت تعادل واکنش را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{[H_۲]^۳[CO]}{[CH_۴][H_۲O]} = \frac{۳^۳ \times ۱}{۰/۳ \times ۹} = ۱۰\ mol.L^{-۱}$$

واکنش‌ها را به طور کلی به دو دسته برگشت‌ناپذیر و برگشت‌پذیر تقسیم‌بندی می‌کنند. در واکنش‌های برگشت‌ناپذیر، فقط واکنش‌دهنده‌ها می‌توانند به فراورده‌ها تبدیل شوند در حالی که در این واکنش‌ها امکان تبدیل فراورده‌ها به واکنش‌دهنده‌ها وجود ندارد. برای مثال، واکنش سوختن متان از جمله واکنش‌های برگشت‌ناپذیر به حساب می‌آید. در نقطه مقابل، واکنش‌های برگشت‌پذیر وجود دارند که در آن‌ها امکان انجام‌شدن واکنش‌های رفت و برگشت به صورت هم‌زمان وجود دارد. در واقع، در این واکنش‌ها علاوه بر این‌که واکنش‌دهنده‌ها می‌توانند به فراورده‌ها تبدیل شوند، فراورده‌ها نیز می‌توانند به واکنش‌دهنده‌ها تبدیل شوند. برای مثال، واکنش تبدیل گاز اوزون به گاز اکسیژن از جمله واکنش‌های برگشت‌پذیر بوده و معادله آن به صورت $۲O_۳(g) \rightleftarrows ۳O_۲(g)$ است. اگر در واکنش‌های برگشت‌پذیر، واکنش‌های رفت و برگشت به صورت هم‌زمان و با سرعت‌های برابر انجام شوند، مقدار فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها ثابت باقی می‌ماند و در سامانه موردنظر تعادل برقرار می‌شود. در لحظه برقراری تعادل، سرعت تولید هر ماده با سرعت مصرف آن برابر است و به همین خاطر، مقدار هر ماده در سامانه ثابت می‌ماند و چنین به نظر می‌رسد که واکنش موردنظر متوقف شده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۵ معادله موازنه‌شده واکنش به صورت زیر است:

$$۲HBr(g) \rightleftharpoons H_۲(g) + Br_۲(g)$$

شمار مول اولیه :	۰	۰	۱/۸
شمار مول در لحظه برقراری تعادل :	x	x	$۱/۸ - ۲x$

با توجه به اینکه در این واکنش، مجموع ضرایب فراورده‌های گازی با مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌های گازی برابر است، ثابت تعادل این واکنش مستقل از حجم ظرف بوده و در محاسبات، می‌توانیم آن را نادیده بگیریم. در واقع، می‌توانیم در محاسبات خود مقدار مول تعادلی مواد را به جای غلظت تعادلی آن‌ها قرار بدهیم. بنابراین ثابت تعادل واکنش را می‌توانیم به صورت زیر بنویسیم:

$$K = \frac{(n_{H_۲}) \times (n_{Br_۲})}{(n_{HBr})^۲} = \frac{x^۲}{(۱/۸ - ۲x)^۲} = ۱۶ \xrightarrow{\text{جذر از طرفین}} \frac{x}{(۱/۸ - ۲x)} = \pm ۴ \Rightarrow \begin{cases} x_۱ = ۰/۸ \\ x_۲ = \frac{۷/۲}{۷} \end{cases}$$

توجه داریم که پاسخ $x_۲$ برای ما قابل قبول نیست؛ زیرا در این حالت شمار مول‌های گاز هیدروژن برمید در حالت تعادل$(۱/۸ - ۲x)$ منفی می‌شود و همانطور که می‌دانیم، غلظت یک ماده در حالت تعادل نمی‌تواند منفی باشد. بنابراین شمار مول‌های گاز هیدروژن و برم تولیدشده برابر با ۰/۸ مول و شمار مول‌های گاز هیدروژن برمید باقیمانده نیز برابر با ۰/۲ مول خواهد بود. از این رو، تفاوت جرم گازهای تولیدشده را محاسبه می‌کنیم. توجه داریم که جرم هر گاز از حاصل‌ضرب تعداد مول آن در جرم مولی گاز موردنظر به‌دست می‌آید. بر این اساس، داریم:

$$\text{تفاوت جرم} = \text{جرم برم} - \text{جرم هیدروژن} = (۰/۸ \times ۱۶۰) - (۰/۸ \times ۲) = ۱۲۶/۴$$

با توجه به محاسبات بالا، نتیجه می‌گیریم تفاوت جرم گاز هیدروژن و بخار برم موجود در ظرف واکنش برابر با ۱۲۶/۴ گرم است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۶ معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 2O_2(g)$$

در ابتدای این فرایند، $۱/۲۰۴ \times ۱۰^{۲۵}$ مولکول نیتروژن دی‌اکسید(معادل با ۲۰ مول گاز نیتروژن دی‌اکسید) وارد یک ظرف ۰/۵ لیتری شده است؛ پس غلظت اولیه گاز نیتروژن دی‌اکسید برابر با ۴۰ مول بر لیتر می‌شود. تا لحظه برقراری تعادل، فقط ۲۰٪ از گاز مورد نظر باقی مانده است، پس می‌توان گفت در طول انجام واکنش مورد نظر ۸۰٪ از گاز نیتروژن دی‌اکسید(معادل با ۱۶ مول از کل گاز نیتروژن دی‌اکسید که برابر با غلظت ۳۲ مول بر لیتر از این گاز می‌شود) تجزیه شده است؛ پس غلظت تعادلی این گاز برابر با ۸ مول بر لیتر است. از طرفی، پس از تجزیه شدن ۸۰٪ از گاز نیتروژن دی‌اکسید در واکنش مورد نظر، به ترتیب ۱۶ و ۸ مول از گازهای اکسیژن و نیتروژن تولید شده است، پس غلظت گازهای اکسیژن و نیتروژن در ظرف واکنش به ترتیب به ۳۲ و ۱۶ مول بر لیتر می‌رسد. بر این اساس، داریم:

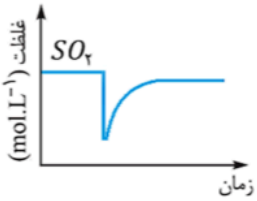
$$K = \frac{[N_2] \times [O_2]^2}{[NO_2]^2} = \frac{16 \times 32^2}{8^2} = 256$$

با توجه به محاسبات بالا، ثابت تعادل واکنش مورد نظر برابر با ۲۵۶ مول بر لیتر می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۷ تعادل مورد نظر بر اساس معادله $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) + Q$ برقرار شده است. با افزایش حجم ظرف در این واکنش تعادلی، در یک لحظه(لحظه اعمال تغییر) غلظت گاز SO_3 به صورت جهشی کاهش یافته و پس از آن، غلظت این گاز با توجه به جابه‌جایی تعادل در جهت رفت افزایش پیدا می‌کند.

در این حالت، نمودار تغییر غلظت ماده مورد نظر به صورت زیر می‌شود:



توجه داریم که نمودار نشان داده شده در صورت سوال فاقد کاهش جهشی غلظت گاز SO_3 در لحظه اعمال تغییر است. افزایش دما، خارج کردن گاز O_2 از ظرف واکنش و افزودن گاز SO_3 به ظرف واکنش، همگی از جمله تغییراتی هستند که تعادل را در جهت رفت جابه‌جا کرده و منجر به افزایش غلظت تدریجی گاز SO_3 می‌شوند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۱۸ محلولی با $pH = ۱۰/۳$، خاصیت بازی داشته و غلظت یون هیدروکسید(OH^-) در آن برابر با ۲×۱۰^{-۴} مول بر لیتر است. با توجه به عبارت ثابت تعادل واکنش و غلظت یون هیدروکسید در محلول مورد نظر، غلظت مولی یون منیزیم را محاسبه می‌کنیم.

$$K = [Mg^{2+}] \times [OH^-]^2 \Longrightarrow 2 \times ۱۰^{-۱۲} = [Mg^{2+}] \times (2 \times ۱۰^{-۴})^2 \Longrightarrow [Mg^{2+}] = ۵ \times ۱۰^{-۵}\ mol.L^{-۱}$$

در هر لیتر از محلول مورد نظر، ۵×۱۰^{-۵} مول یون منیزیم وجود دارد. ابتدا جرم یون منیزیم موجود در هر لیتر محلول را محاسبه کرده و پس از آن، غلظت این یون را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,g\ Mg^{2+} = ۱\ L \text{ محلول} \times \frac{۵ \times ۱۰^{-۵}\ mol\ Mg^{2+}}{۱\ L \text{ محلول}} \times \frac{۲۴\ g\ Mg^{2+}}{۱\ mol\ Mg^{2+}} = ۱/۲ \times ۱۰^{-۳}\ g\ Mg^{2+}$$

$$ppm = \frac{\text{گرم حل شونده}}{\text{گرم محلول}} \times ۱۰^۶ = \frac{۱/۲ \times ۱۰^{-۳}\ g\ Mg^{2+}}{۱\ L \text{ محلول} \times \frac{۱۰۰۰\ mL \text{ محلول}}{۱\ L \text{ محلول}} \times \frac{۱/۲۵\ g \text{ محلول}}{۱\ mL \text{ محلول}}} = \frac{۱/۲ \times ۱۰^{-۳}\ g\ Mg^{2+}}{۱۲۵۰\ g \text{ محلول}} \times ۱۰^۶ = ۰/۹۶$$

برای محاسبه غلظت ppm منیزیم، از رابطه زیر هم می‌توانستیم استفاده کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{ppm \times \text{چگالی}}{\text{جرم مولی} \times ۱۰۰۰} \Longrightarrow ۵ \times ۱۰^{-۵} = \frac{ppm \times ۱/۲۵}{۱۰۰۰ \times ۲۴} \Longrightarrow ppm = ۰/۹۶ \text{ واحد}$$

گاز هیدروژن کلرید، یک ماده با خاصیت اسیدی است. با انحلال گاز هیدروژن کلرید در محلول، این ماده مقداری از یون هیدروکسید موجود در محلول را خنثی می‌کند. با کاهش غلظت یون هیدروکسید، تعادل مورد نظر در جهت رفت(در جهت تولید یون هیدروکسید و یون منیزیم) جابه‌جا شده و بر این اساس، غلظت یون منیزیم افزایش پیدا می‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۹ همه عبارت‌های داده شده درست هستند.

بررسی موارد:

آ: افزایش دما باعث کاهش K در واکنش‌های گرماده و افزایش K در واکنش‌های گرماگیر می‌شود. توجه داریم که در واکنش‌های گرماده، سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها پایین‌تر است.

ب: در رابطه با واکنش $MgCO_3(s) \rightleftharpoons MgO(s) + CO_2(g)$، داریم:

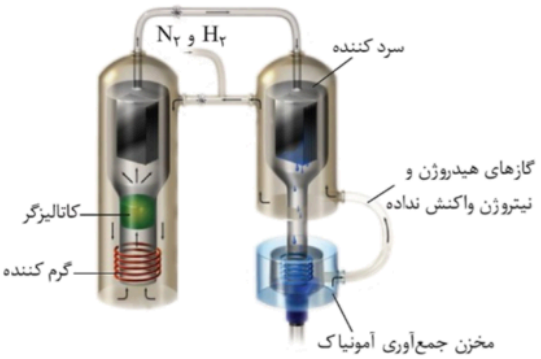
$$K = [CO_2]$$

فشار هر گاز در ظرف، متناسب با غلظت آن گاز خواهد بود. در این واکنش، غلظت تعادلی گاز CO_2 برابر با ثابت تعادل واکنش بوده و همانطور که می‌دانیم، با تغییر حجم ظرف واکنش، تغییری در مقدار ثابت تعادل واکنش ایجاد نمی‌شود. بر این اساس، می‌توان گفت با افزایش حجم ظرف، فشار تعادلی گاز CO_2 در ظرف واکنش مورد نظر تغییری نمی‌کند.

پ: با کاهش دما در تعادل $Q + NH_4HS(s) \rightleftharpoons H_2S(g) + NH_3(g)$، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. طی این فرایند از یک طرف شمار مول‌های گازی موجود در ظرف واکنش کاهش یافته و از طرف دیگر، دمای گازهای موجود در مخلوط نیز کمتر شده است. با توجه به قانون گازها، این دو عامل باعث کاهش فشار گازها در ظرف می‌شود.

ت: در تعادل $HF(aq) \rightleftharpoons F^-(aq) + H^+(aq)$، پس از انحلال مقداری سود(سدیم هیدروکسید) در محلول، این ماده مقداری از یون‌های هیدروژن حاصل از یونش هیدروفلوئوریک اسید را خنثی می‌کند. یون هیدروژن، فراورده تعادل مورد نظر بوده و با کاهش غلظت آن در محلول اسیدی اولیه، تعادل در جهت تولید مقدار بیشتر یون هیدروژن در محلول(در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود. با جابه‌جایی تعادل به سمت رفت، غلظت مولی یون F^- در محلول افزایش یافته و غلظت مولکول‌های اسید یونیده نشده نیز در محلول کاهش می‌یابد.

ث: نقطهٔ جوش گازهای H_2 و N_2 از نقطهٔ جوش آمونیاک بسیار پایین‌تر است، بنابراین با تنظیم دمای سردکننده در دمایی کمی پایین‌تر از دمای جوش آمونیاک می‌توان این گاز را به حالت مایع تبدیل کرده و از مخلوط گازی جدا نمود. تصویر زیر، نمایی از دستگاه استفاده شده برای تولید آمونیاک بر اساس فرایند هابر را نشان می‌دهد:



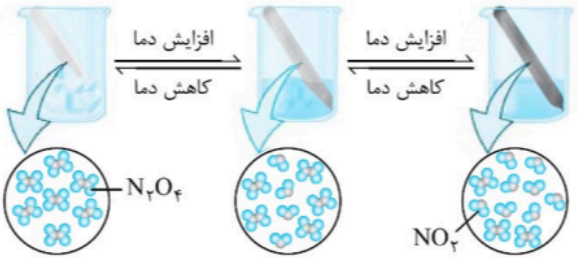
در این دستگاه، گازهای هیدروژن و نیتروژن از ورودی بالای ظرف به درون دستگاه تزریق شده و پس از افزایش دما، در مجاورت کاتالیزگر با یکدیگر واکنش می‌دهند و مخلوطی از گازهای آمونیاک، هیدروژن و نیتروژن را ایجاد می‌کنند. مخلوط گازی حاصل به سمت سردکننده حرکت می‌کند و پس از کاهش دمای آن تا پایین‌تر از نقطه جوش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

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

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۰ تصویر زیر، نمایی از فرایند انجام شدن این واکنش را نشان می‌دهد:



با افزودن گاز N_2O_4 به سامانه تعادلی $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g) + Q$، واکنش در جهت برگشت(در جهتی که منجر به مصرف گاز N_2O_4 می‌شود) به پیش رانده می‌شود. با انجام شدن واکنش برگشت، غلظت گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 به تدریج افزایش یافته و رنگ مخلوط مورد نظر تیره‌تر می‌شود. با افزایش دمای مخلوط واکنش نیز تعادل در جهت مصرف گرما(در جهت برگشت) جابه‌جا شده و غلظت گاز NO_2 به تدریج افزایش یافته و رنگ مخلوط مورد نظر تیره‌تر می‌شود. این در حالی است که اگر مخلوط واکنش را وارد یک نمونه از آب و یخ بکنیم، دما کاهش یافته و تعادل در جهت رفت(در جهت تولید گرما) جابه‌جا می‌شود و شدت رنگ مخلوط تعادلی کاهش پیدا می‌کند.

اگر حجم ظرف محتوی این مخلوط تعادلی را افزایش بدهیم، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و شمار مول‌های گاز NO_2 افزایش پیدا می‌کند اما چون حجم ظرف بیشتر شده و غلظت این ماده در تعادل جدید برقرار شده در مقایسه با تعادل اولیه کمتر است، رنگ مخلوط تعادلی کم‌رنگ‌تر خواهد بود. افزودن گاز نجیب به سامانه یک واکنش که در ظرفی با حجم ثابت نیز برقرار شده است، غلظت هیچکدام از مواد شرکت‌کننده در واکنش را تغییر نداده و بر این اساس، منجر به جابه‌جایی تعادل و تغییر رنگ مخلوط گازی نخواهد شد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۱ در ابتدای فرایند، یک مخزن ۵۶ لیتری، در شرایط استاندارد(فشار یک اتمسفر و دمای صفر درجه سانتی‌گراد) با گاز اکسیژن پر شده است. در قدم اول، شمار مول‌های گاز اکسیژن موجود در این مخزن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\ O_2 = 56\ L\ O_2 \times \frac{1\ mol\ O_2}{22/4\ L\ O_2} = 2/5\ mol\ O_2$$

مقداری کلسیم کربنات را وارد این ظرف کرده‌ایم تا در دمای ثابت، تعادل زیر در ظرف برقرار شود.

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g) \quad , \quad K = 0/025 mol.L^{-1}$$

کربن دی‌اکسید، تنها ترکیب گازی شرکت‌کننده در این واکنش است. با توجه به معادله این واکنش و ثابت تعادل آن، تعداد مول گاز کربن دی‌اکسید تولید شده تا لحظه برقراری تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$K = [CO_2] \Longrightarrow K = 0/025 mol.L^{-1} \Longrightarrow [CO_2] = 0/025 mol.L^{-1}$$

$$[CO_2] = \frac{\text{مول } CO_2}{\text{حجم ظرف}} \Longrightarrow 0/025 = \frac{x\ mol\ CO_2}{\text{ظرف } 56\ L} \Longrightarrow x = 1/4\ mol$$

در ابتدای این فرایند، ۲/۵ مول گاز اکسیژن در ظرف وجود داشته است. با برقراری تعادل، ۱/۴ مول گاز CO_2 نیز تولید شده و مجموع شمار مول‌های گازی موجود در ظرف واکنش، در حجم و دمای ثابت به ۳/۹ مول رسیده است. با توجه به قانون گازها($PV = nRT$)، اگر در حجم و دمای ثابت، شمار مول‌های گازی x برابر شود، فشار گازهای موجود در مخزن نیز x برابر می‌شود. بر این اساس، داریم:

$$\frac{\text{فشار نهایی مخزن}}{\text{فشار اولیه مخزن}} = \frac{\text{تعداد مول‌های گازی نهایی}}{\text{تعداد مول‌های گازی اولیه}} \Longrightarrow \frac{\text{فشار نهایی مخزن}}{1\ \text{atm}} = \frac{3/9}{2/5} = 1/56\ atm$$

در لحظه تعادل، ۱/۴ مول گاز کربن دی‌اکسید در ظرف واکنش وجود دارد. بر این اساس، جرم کلسیم اکسید تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ CaO = 1/4\ mol\ CO_2 \times \frac{1\ mol\ CaO}{1\ mol\ CO_2} \times \frac{56\ g\ CaO}{1\ mol\ CaO} = 78/4\ g$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۲ در قدم اول، شمار مول‌های گاز کلر موجود در ظرف واکنش را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,mol\,Cl_2 = 142\,g\,Cl_2 \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{71\,g\,Cl_2} = 2\,mol$$

در قدم بعد، حجم ظرف را برابر با V لیتر در نظر گرفته و غلظت هر یک از گازهای شرکت‌کننده در تعادل مورد نظر را بدست می‌آوریم.

$$[PCl_5] = \frac{5}{V}\,mol.L^{-1} \qquad [PCl_3] = \frac{3}{V}\,mol.L^{-1} \qquad [Cl_2] = \frac{2}{V}\,mol.L^{-1}$$

در مرحله‌ی آخر، با توجه به عبارت ثابت تعادل واکنش $PCl_5(g) \Leftrightarrow PCl_3(g) + Cl_2(g)$، مقدار V را محاسبه می‌کنیم.

$$K = \frac{[PCl_3] \times [Cl_2]}{[PCl_5]} \Longrightarrow 0/4 = \frac{\frac{3}{V} \times \frac{2}{V}}{\frac{5}{V}} \Longrightarrow 0/4 = \frac{1/2}{V} \Longrightarrow V = 3L$$

با توجه به محاسبات انجام شده، حجم ظرف واکنش برابر با ۳ لیتر بوده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۳ با استفاده از قانون هس، می‌توانیم مقدار ΔH برخی از واکنش‌ها را به طور دقیق محاسبه کنیم. بر اساس این قانون، اگر معادله واکنشی را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد، مقدار ΔH آن واکنش نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش‌ها بدست می‌آید. ابتدا با استفاده از قانون هس، آنتالپی واکنش شیمیایی $A \longrightarrow 2B$ را بدست می‌آوریم. در واکنش موردنظر، گونه B در سمت راست با ضریب دو است. پس واکنش اول و دوم را در (-۱) ضرب می‌کنیم. بر این اساس، داریم:

$$1)\ B + C \rightarrow 2D \quad .\ \Delta H = -45kJ$$
$$\xrightarrow{\times(-1)} 2D \rightarrow B + C \quad .\ \Delta H = +45kJ$$
$$2)\ B + A + D \rightarrow 2C \quad .\ \Delta H = +82kJ$$
$$\xrightarrow{\times(-1)} 2C \rightarrow B + A + D \quad .\ \Delta H = -82kJ$$

گونه A در واکنش اصلی، در سمت چپ با ضریب ۱ وجود دارد، پس معادله واکنش سوم را تغییر نمی‌دهیم. در این حالت، با جمع واکنش سوم با دو واکنش قبلی، معادله واکنش کلی بدست می‌آید. در این حالت، معادله واکنش سوم به صورت زیر باقی می‌ماند:

$$3)\ 2A \rightarrow D + C \quad .\ \Delta H = +117kJ$$

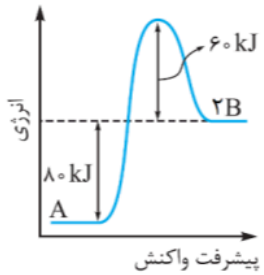
معادله واکنش‌های نهایی ایجاد شده به صورت زیر خواهد بود:

$$2D \rightarrow B + C\ .\Delta H = +45kJ \qquad 2C \rightarrow B + A + D\ .\Delta H = -82kJ \qquad 2A \rightarrow D + C\ .\Delta H = +117kJ$$

بنابراین آنتالپی واکنش $A \longrightarrow 2B$ برابر است با:

$$\Delta H = 45 + (-82) + 117 = 80kJ$$

پس مقدار ΔH واکنش مورد نظر برابر با ۸۰ کیلوژول خواهد بود. همانطور که می‌دانیم، انرژی فعال‌سازی معادل با حداقل انرژی موردنیاز برای شروع‌شدن یک واکنش شیمیایی است. در نمودار انرژی-پیشرفت واکنش، تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها با قله نمودار، انرژی فعال‌سازی واکنش رفت را نشان می‌دهد. همچنین تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها، معادل با مقدار ΔH است. بنابراین نمودار انرژی-پیشرفت واکنش به صورت زیر خواهد بود:



با توجه به توضیحات ذکرشده، انرژی فعال‌سازی واکنش(تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده با قله نمودار) را محاسبه می‌کنیم:

$$E_a = 80 + 60 = 140kJ$$

بنابراین انرژی فعال‌سازی واکنش $A \longrightarrow 2B$ برابر با ۱۴۰ کیلوژول است.

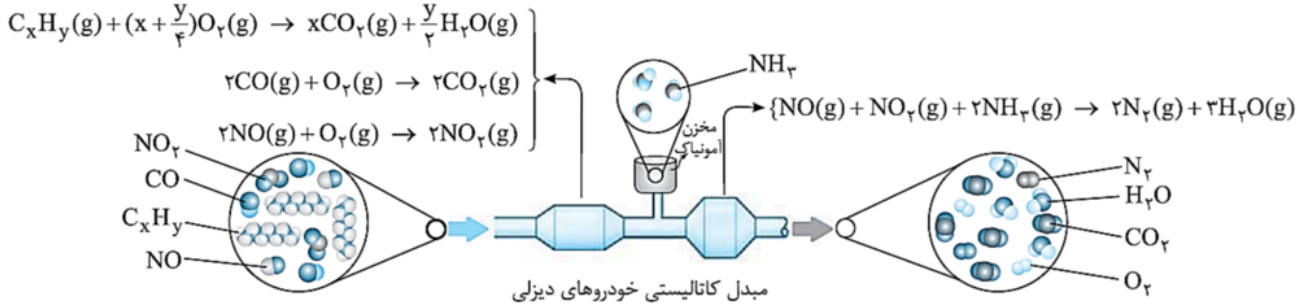
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۴ مبدل کاتالیستی موجود در ساختار خودروهای بنزینی، توانایی حذف اکسیدهای نیتروژن تولید شده در خودروهای دیزلی را ندارند. واکنش انجام شده در مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی به منظور حذف اکسیدهای نیتروژن، به صورت زیر است:

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

در این مبدل‌های کاتالیستی، اکسیدهای نیتروژن(گازهای نیتروژن مونوکسید و نیتروژن دی‌اکسید) با آمونیاک واکنش داده و به مواد کم‌خطرتر مثل نیتروژن و بخار آب تبدیل می‌شوند. توجه داریم که آمونیاک، از یک منبع خارجی وارد ساختار این مبدل شده و چون در ساختار آمونیاک اتم نیتروژن وجود دارد، پس می‌توان گفت طی این فرایند شمار اتم‌های نیتروژن موجود در مخلوط گازی افزایش پیدا کرده است. معادله واکنش‌های شیمیایی انجام شده در این مبدل‌ها به صورت زیر است:



با توجه به معادله بالا، به ازای مصرف هر ۲ مول آمونیاک، از ورود ۲ مول گاز آلاینده(مجموعی از اکسیدهای نیتروژن که ۷۶ گرم جرم دارند) به هوا جلوگیری می‌شود. در قدم اول، حساب می‌کنیم به ازای طی هر کیلومتر، چند مول آلاینده تولید می‌شود:

$$?\,mol\ \text{آلاینده} = 1\ km \times \frac{3/8\ g\ \text{آلاینده}}{1\ km} \times \frac{2\ mol\ \text{آلاینده}}{76\ g\ \text{آلاینده}} = 0/1\ mol$$

بنابراین به ازای طی هر کیلومتر مسافت، مقدار ۰/۰۵ مول از هر یک از گازهای NO و NO_2 آزاد می‌شود. حالا حساب می‌کنیم گازهای آلاینده آزاد شده حین طی کردن مسافت ۲۵۰۰ کیلومتری با چند کیلوگرم آمونیاک واکنش می‌دهند:

$$?\,kg\ NH_3 = 2500\ km \times \frac{0/05\ mol\ NO}{1\ km} \times \frac{2\ mol\ NH_3}{1\ mol\ NO} \times \frac{17\ g\ NH_3}{1\ mol\ NH_3} \times \frac{1\ kg}{1000\ g} = 4/25\ kg$$

می‌خواهیم ۸۰٪ از اکسیدهای نیتروژن تولید شده در موتور این خودرو را حذف کنیم، پس مقدار آمونیاک مورد نیاز معادل با ۰/۸ برابر مقدار آمونیاک بدست آمده از محاسبات بالا می‌شود. بر این اساس، داریم:

$$\text{جرم آمونیاک لازم} = 4/25\ kg\ NH_3 \times 0/8 = 3/4\ kg$$

در ادامه، جرم آب (فراورده با $\mu > 0$) و جرم N_2(فراورده با $\mu = 0$) را حساب می‌کنیم:

$$?\,g\ H_2O = \underbrace{3/4\ kg\ NH_3 \times \frac{1000\ g\ NH_3}{1\ kg\ NH_3} \times \frac{1\ mol\ NH_3}{17\ g\ NH_3}}_{250\ mol\ NH_3} \times \frac{3\ mol\ H_2O}{2\ mol\ NH_3} \times \frac{18\ g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O} = 5400\ g$$

$$?\,g\ N_2 = \underbrace{3/4\ kg\ NH_3 \times \frac{1000\ g\ NH_3}{1\ kg\ NH_3} \times \frac{1\ mol\ NH_3}{17\ g\ NH_3}}_{250\ mol\ NH_3} \times \frac{2\ mol\ N_2}{2\ mol\ NH_3} \times \frac{28\ g\ N_2}{1\ mol\ N_2} = 5600\ g$$

در نهایت، درصد جرمی H_2O را در میان فراورده‌های تولید شده حساب می‌کنیم:

$$H_2O\ \text{درصد جرمی} = \frac{H_2O\ \text{جرم}}{H_2O\ \text{جرم} + N_2\ \text{جرم}} \times 100 = \frac{5400}{5400 + 5600} \times 100 \simeq 49\ \text{درصد}$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۵ کاتالیزگر موجود در آند و کاتد سلول سوختی هیدروژن-اکسیژن، همانند کاتالیزگر استفاده شده در سایر واکنش‌ها، انرژی فعال‌سازی واکنش انجام شده در این سلول را کاهش داده و موجب افزایش سرعت انجام شدن واکنش می‌شود، اما تاثیری در ΔH واکنش ندارد. توجه داریم که کاتالیزگرها هم در آند و هم در کاتد سلول‌های سوختی وجود دارند.

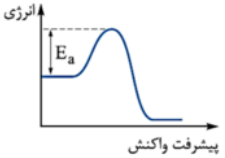
سلول سوختی، نوعی سلول گالوانی است که توسط شیمی‌دان‌ها و برای گذر از تنگنای تولید انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می‌شود. این سلول‌ها ردپای گاز کربن دی‌اکسید را کاهش می‌دهند. رایج‌ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن-اکسیژن است که در آن گاز هیدروژن به آرامی و تحت یک شرایط کنترل‌شده با گاز اکسیژن وارد واکنش شده و اکسید می‌شود. طی این فرایند، بخش زیادی از انرژی شیمیایی ذخیره‌شده در مولکول‌های هیدروژن به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

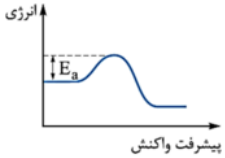
۱) انرژی فعالسازی واکنش‌ها به دمای محیط واکنش ربطی ندارد و در دماهای مختلف یکسان است. افزایش دما از ۳۰۰°C به ۵۰۰°C، تنها باعث تامین انرژی فعالسازی شده و مقدار آن را تغییر نمی‌دهد. توجه داریم که تنها کاتالیزگر می‌تواند مقدار انرژی فعالسازی واکنش را با استفاده از تغییر مسیر انجام شدن آن واکنش کاهش دهد.

۲) فسفر سفید برخلاف هیدروژن، در هوا و در دمای اتاق می‌سوزد. نمودارهای زیر، مربوط به واکنش سوختن هیدروژن و فسفر سفید هستند:

واکنش سوختن گاز هیدروژن:



واکنش سوختن فسفر سفید:

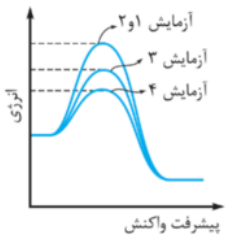


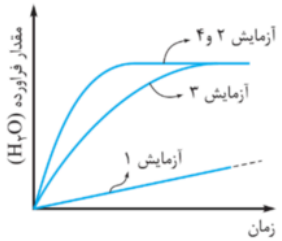
چون مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن فسفر سفید کمتر است، این واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود. به همین خاطر است که برای نگهداری فسفر سفید، یک نمونه از آن را در زیر آب نگه می‌دارند. تصویر زیر، نمونه‌ای از فسفر سفید در زیر آب را نشان می‌دهد:



۴) گازهای هیدروژن و اکسیژن در دمای اتاق با هم واکنش نمی‌دهند؛ اما در حضور توری پلاتینی به عنوان کاتالیزگر، واکنش این گازها به صورت انفجاری انجام می‌شود. جدول زیر، شرایط واکنش این گازها با یکدیگر در دمای اتاق را نشان می‌دهد:

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



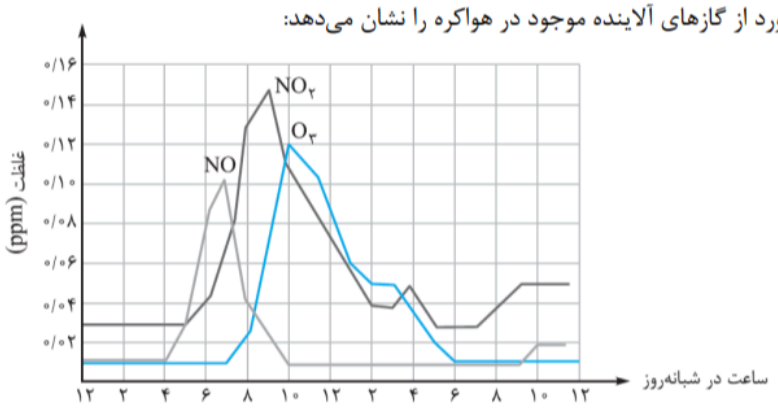


با توجه به تصویر فوق، فلز روی در مقایسه با فلز پلاتین، انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن H_2 را به مقدار کمتری کاهش می‌دهد. به همین خاطر، واکنش مورد نظر در حضور فلز روی، با سرعت کمتری انجام می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶ نمودار زیر، روند تغییر غلظت سه مورد از گازهای آلاینده موجود در هواکره را نشان می‌دهد:



همانطور که مشخص است، حداکثر غلظت گاز NO_2 در هوای شهرهای بزرگ بیشتر از حداکثر غلظت گاز اوزون در هوای این شهرها بوده و حداکثر غلظت گاز اوزون نیز بیشتر از حداکثر غلظت گاز NO است. گازهای NO و NO_2، از جمله گونه‌های رادیکال آزاد موجود در هوای آلوده هستند که باعث ایجاد بیماری‌های تنفسی می‌شوند. ساختار مولکولی گاز NO_2 به صورت زیر است:

$$\ddot{O}=\dot{N}-\ddot{O}\!:$$

چون روی اتم مرکزی این مولکول یک عدد الکترون ناپیوندی وجود دارد، این مولکول ساختار خمیده پیدا کرده و اتم‌های سازنده آن روی یک خط راست قرار نمی‌گیرند. ساختار مولکول گوگرد دی‌اکسید و هیدروژن سولفید نیز به صورت زیر است:

$$\ddot{O}=\ddot{S}-\ddot{O}\!: \qquad H-\ddot{S}-H$$

چون روی اتم مرکزی این دو مولکول نیز تعدادی الکترون ناپیوندی وجود دارد، این مولکول‌ها هم ساختار خمیده پیدا کرده و اتم‌های سازنده آن‌ها نیز روی یک خط راست قرار نمی‌گیرند. ساختار مولکولی کربن دی‌اکسید و کربونیل سولفید(SCO) نیز به صورت زیر است:

$$\ddot{O}=C=\ddot{O} \qquad \ddot{S}=C=\ddot{O}$$

چون روی اتم مرکزی این دو مولکول هیچ الکترون ناپیوندی وجود ندارد، این مولکول‌ها ساختار خطی پیدا کرده و اتم‌های سازنده آن‌ها روی یک خط راست قرار می‌گیرند. در قدم بعد، عدد اکسایش اتم نیتروژن در مولکول NO_2 را محاسبه می‌کنیم:

NO_2 : N عدد اکسایش اتم $+ 2 \times (-2) = 0 \Longrightarrow N$ عدد اکسایش اتم $= +4$

در نهایت، عدد اکسایش اتم مرکزی را گوگرد دی‌اکسید و اکسیژن دی‌فلوئورید محاسبه می‌کنیم.

SO_2 : S عدد اکسایش اتم $+ 2 \times (-2) = 0 \Longrightarrow S$ عدد اکسایش اتم $= +4$

OF_2 : O عدد اکسایش اتم $+ 2 \times (-1) = 0 \Longrightarrow O$ عدد اکسایش اتم $= +2$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷ فقط عبارت (ت) درست است.

بررسی موارد:

آ: شیمی‌دان‌ها با قراردادن کاتالیزگرهای مناسب بر سر راه گازهای خروجی از موتور خودروها، توانستند واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌های تولیدشده در موتور خودروها را با سرعت بالاتری به انجام برسانند و با این روش، مقدار زیادی(نه همه!) از گازهای آلاینده را به فراورده‌های بی‌خطر یا کم‌خطرتر مثل گاز کربن دی‌اکسید و ... تبدیل کنند. در سطح سرامیک‌های به کار رفته در ساختار مبدل کاتالیستی، توده‌هایی از سه فلز دسته d یعنی عناصر Pt، Rh و Pd با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر به کار می‌روند.

کارایی مبدل‌های کاتالیستی، به نوع کاتالیزگرهای موجود در آن‌ها و شرایط استفاده از کاتالیزگرها بستگی دارد. به عنوان مثال، این مبدل‌ها را می‌توان به شکل یک قطعه سرامیکی ساخت که به شکل توری درآمده و فلزهای رودیم، پالادیم و پلاتین بر روی آن‌ها نشانده شده است. در نقطه مقابل، سرامیک موجود در این مبدل‌ها را می‌توان به شکل مش(دانه)های ریز درآورده و کاتالیزگرهای فلزی را بر روی سطح دانه‌ها پخش کرد. بدیهی است که در حالت دوم(ساختن سرامیک به صورت مش)، سطح تماس کاتالیزگرها با گازهای آلاینده افزایش پیدا کرده و مقدار بیشتری از گازهای آلاینده توسط مبدل کاتالیستی حذف می‌شوند و در نتیجه کارایی مبدل افزایش پیدا می‌کند. کاتالیزگرهای موجود در مبدل‌های کاتالیستی، بارها و بارها در واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌ها شرکت می‌کنند ولی مصرف نمی‌شوند. توجه داریم که 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.

ب: در واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌های CO، NO و C_xH_y در خودروهای بنزینی، دست کم یک عنصر آزاد وجود دارد؛ بنابراین همه این واکنش‌ها از نوع اکسایش-کاهش هستند.

پ: کاتالیزگرها در واکنش‌های شیمیایی شرکت می‌کنند و مسیر انجام شدن آن واکنش شیمیایی را دچار تغییر می‌کنند، اما چون میزان تولید و مصرف آن‌ها در واکنش مورد نظر با هم برابر است، در طول انجام شدن واکنش جرم آن‌ها ثابت و بدن تغییر باقی می‌ماند. به همین خاطر، از کاتالیزگرها می‌توان بارها و بارها در واکنش‌ها استفاده کرد.

ت: گازهای کربن مونوکسید، نیتروژن مونوکسید و هیدروکربن‌های نسوخته(C_xH_y) از جمله آلاینده‌های تولیدشده در موتور خودروها هستند که باعث آلودگی هواکره می‌شوند. با استفاده از مبدل‌های کاتالیستی، می‌توان مقدار این آلاینده‌ها را به طور قابل توجهی کاهش داد. پس از به کار بردن مبدل‌های کاتالیستی، همانند زمان عدم استفاده از این مبدل‌ها، مقدار گاز NO خارج شده از اگزوز خودروها کمتر از مقدار C_xH_y خارج شده است. جدول زیر، میزان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها را در حضور و غیاب مبدل‌های کاتالیستی نشان می‌دهد:

فرمول شیمیایی آلاینده		CO	C_xH_y	NO
مقدار آلاینده برحسب گرم به ازای طی یک کیلومتر	در غیاب مبدل کاتالیستی	۵/۹۹	۱/۶۷	۱/۰۴
	در حضور مبدل کاتالیستی	۰/۶۱	۰/۰۷	۰/۰۴

در غیاب مبدل‌های کاتالیستی، مقدار گاز CO نسبت به سایر آلاینده‌ها بیشتر است. با استفاده از مبدل مناسب، مقدار این گاز نسبت به سایر گازها به مقدار بیشتری کاهش پیدا می‌کند اما در این شرایط نیز مقدار گاز CO خروجی از اگزوز خودرو، در مقایسه با سایر گازهای آلاینده بیشتر است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۸ ابتدا معادله واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$\begin{array}{ccccc} 2F_2(g) & + & 2H_2O(g) & \rightleftharpoons & O_2(g) + 4HF(g) \\ 2/2 & & \frac{75/6}{18} = 4/2 & & 0 \quad 0 \quad \text{شمار مول اولیه:} \\ 2/2 - 2x & & 4/2 - 2x & & x \quad 4x \quad \text{شمار مول در لحظه تعادل:} \end{array}$$

در حالت تعادل $\frac{8}{20} = 0/4$ مول هیدروژن فلوئورید در مخلوط گازها وجود دارد، بنابراین داریم:

$$4x = 0/4 \Rightarrow x = 0/1$$

در قدم بعد، غلظت تعادلی گونه‌های شرکت کننده در واکنش را حساب می‌کنیم:

$$[F_2] = \frac{2/2 - (2 \times 0/1)}{2} = 1 mol.L^{-1} \quad \text{و} \quad [H_2O] = \frac{4/2 - (2 \times 0/1)}{2} = 2 mol.L^{-1}$$

$$[HF] = \frac{0/4}{2} = 0/2\ mol.L^{-1} \quad \text{و} \quad [O_2] = \frac{0/1}{2} = 0/05\ mol.L^{-1}$$

در نهایت ثابت تعادل این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[O_2] \times [HF]^4}{[F_2]^2 \times [H_2O]^2} = \frac{(0/05) \times (0/2)^4}{1^2 \times 2^2} = \frac{5 \times 10^{-2} \times 2^4 \times 10^{-4}}{2^2} = 2 \times 10^{-5} mol.L^{-1}$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹ تغییر حجم ظرف، بر واکنش‌هایی تاثیر دارد که در آن‌ها حداقل یک جزء گازی وجود داشته باشد و مجموع ضرایب مواد گازی بین فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها نیز در آن‌ها برابر نباشد. چون در تعادل $H_2S(g) + I_2(s) \rightleftharpoons 2HI(g) + S(s)$ تعداد مول‌های گازی در سمت فراورده‌ها بیشتر است، تغییر حجم ظرف موجب جابه‌جایی این تعادل می‌شود. برای مثال، با افزایش حجم ظرف در تعادل مورد نظر، واکنش در جهت رفت جابه‌جا شده و مقدار مول گاز هیدروژن فلوئورید در ظرف افزایش پیدا می‌کند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) کلر، از مولکول‌های دواتمی جورهسته تشکیل شده است، پس می‌توان گفت ذرات سازنده این ماده ناقطبی هستند. پس از افزودن مقداری گاز ناقطبی کلر به ظرف تعادل $Cl_2(g) + PCl_3(g) \rightleftharpoons PCl_5(g)$، تعادل مورد نظر در جهت مصرف این ماده(در جهت رفت) جابه‌جا شده و بر این اساس، مقداری گاز PCl_3 مصرف می‌شود. با مصرف گاز PCl_3 در ظرف واکنش، غلظت این گاز کاهش می‌یابد.

۳) با انحلال سدیم فلوئورید در محلول، یون‌های سدیم و فلوئورید وارد محلول می‌شوند. بر این اساس، می‌توان گفت با افزودن یون F^- به سامانه تعادلی هیدروفلوئوریک اسید، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و در نتیجه مقدار درجه یونش اسید در محلول مورد نظر کاهش می‌یابد. از طرفی با انجام این فرایند، غلظت یون H^+ نیز در محلول مورد نظر کاهش یافته و مقدار pH محلول افزایش می‌یابد.

۴) گاز NO_2 اکسید قهوه‌ای رنگ نیتروژن بوده و عامل اصلی رنگ قهوه‌ای هوای آلوده است. با کاهش حجم ظرف در تعادل $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$، در لحظه اعمال تغییر ابتدا غلظت همه مواد افزایش یافته و به همین خاطر، رنگ مخلوط گازی پررنگ می‌شود. در مرحله بعد، تعادل مورد نظر با توجه به کاهش حجم ظرف، به سمت رفت(به سمتی که دارای تعداد مول‌های گازی کمتری باشد) جابه‌جا شده و گاز NO_2 را مصرف می‌کند. با مصرف گاز NO_2، شدت رنگ مخلوط کم‌تر می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۰ از آنجا که ۸۰ درصد گاز SO_3 اولیه وارد شده به ظرف واکنش تجزیه شده است، بنابراین داریم:

$$\text{مول } SO_3 \text{ تجزیه شده} = 1/6 \times \frac{80}{100} = 1/28\ mol$$

بر این اساس، در طول واکنش ۱/۲۸ مول گاز SO_3 تجزیه شده و به ترتیب ۱/۲۸ مول گاز SO_2 و ۰/۶۴ مول گاز اکسیژن تولید شده است. بر این اساس، غلظت‌های تعادلی مواد در ظرف واکنش برابر است با:

$$[SO_3] = \frac{\text{مول}}{\text{حجم ظرف}} = \frac{1/6 - 1/28}{4} = 0/08\ mol.L^{-1} \qquad [SO_2] = \frac{\text{مول}}{\text{حجم ظرف}} = \frac{1/28}{4} = 0/32\ mol.L^{-1}$$

$$[O_2] = \frac{\text{مول}}{\text{حجم ظرف}} = \frac{\frac{1/28}{2}}{4} = 0/16\ mol.L^{-1}$$

در نهایت ثابت تعادل واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2} = \frac{(0/32)^2 \times (0/16)}{(0/08)^2} = \frac{(10^{-4} \times 2^{10}) \times (10^{-2} \times 2^4)}{(10^{-4} \times 2^6)} = 2^{10+4-6} \times 10^{-4-2+4} = \frac{2^8}{10^2} = 2/56\ mol.L^{-1}$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۱ عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در سامانه تعادلی $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$، مثل سایر سامانه‌های تعادلی، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت با هم برابر است. از طرفی، می‌دانیم که سرعت تولید یا مصرف هر ماده در یک واکنش شیمیایی، متناسب با ضریب استوکیومتری آن ماده است. با توجه به برابر بودن سرعت واکنش‌های رفت و برگشت و ضریب استوکیومتری مواد در معادله واکنش مورد نظر، می‌توان گفت سرعت تولید گاز H_2، ۱/۵ برابر سرعت تولید NH_3 است.

ب: براساس اصل لوشاتلیه، 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، مقدار K ثابت باقی می‌ماند. با توجه به توضیحات داده شده، عبارت ثابت تعادل واکنش مورد نظر به صورت $K = [SO_3]$ است. چون کلسیم اکسید یک ماده جامد بوده و تغییر مقدار، تاثیری در غلظت آن ندارد، افزودن یا خارج کردن کلسیم اکسید به سامانه واکنش، تعادل را جابه‌جا نمی‌کند.

پ: دمای ۷۵۰ کلوین معادل با ۴۷۷°C می‌شود. واکنش $2X(g) \rightleftharpoons Y(g) + Q$، گرماده است، پس با افزایش دما از ۴۷۷°C به ۶۰۰°C، این تعادل در جهت مصرف گرما(در جهت برگشت) جابه‌جا شده و مقدار ثابت تعادل آن کاهش پیدا می‌کند.

ت: معادله واکنش تعادلی برقرار شده به صورت مقابل است: $2NO(g) \rightleftharpoons O_2(g) + N_2(g)$

اگر در ابتدای کار x مول گاز NO وارد ظرف واکنش شده باشد، با توجه به اینکه بازده واکنش انجام شده برابر با ۸۰٪ است، $0/8x$ مول از این گاز مصرف شده و $0/2x$ مول از این گاز باقی می‌ماند. از طرفی، طی این فرایند $0/4x$ مول از هر یک از گازهای اکسیژن و نیتروژن نیز تولید می‌شود. توجه داریم که مجموع شمار مول‌های گازی در دو سمت واکنش یکسان بوده و نیاز به تاثیر دادن حجم ظرف نداریم. بر این اساس، ثابت تعادل واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[N_2][O_2]}{[NO]^2} = \frac{(N_2 \text{ مول}) \times (O_2 \text{ مول})}{(NO \text{ مول})^2} = \frac{0/4 \times 0/4}{(0/2)^2} = 4$$

ث: معادله واکنش تعادلی انجام شده به صورت $2O_3(g) \rightleftharpoons 3O_2(g) + Q$ است. توجه داریم که گاز اوزون در مقایسه با گاز اکسیژن سطح انرژی بالاتری داشته و به همین خاطر، می‌توان گفت این واکنش شیمیایی گرماده است. با افزایش دما، تعادل مورد نظر در جهت برگشت جابه‌جا شده و مقدار ثابت تعادل واکنش نیز کاهش پیدا می‌کند. این در حالی است که افزودن و یا خارج کردن مواد مختلف به ظرف واکنش، تغییری در ثابت تعادل واکنش ایجاد نکرده و مقدار ثابت تعادل فقط تابع دما است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۲ معادله موازنه‌شده واکنش به صورت مقابل است: $Q + MgCO_3(s) \rightleftharpoons MgO(s) + CO_2(g)$

در این واکنش، گاز کربن دی‌اکسید در سمت فراورده‌ها وجود دارد و کاهش جرم مواد جامد موجود در ظرف واکنش نیز به علت تولید این گاز است. بنابراین برای محاسبه تغییرات جرم مواد جامد موجود در ظرف، کافیست مقدار گاز کربن دی‌اکسید را قبل و بعد از افزایش حجم ظرف و تغییر دمای محیط حساب کنیم. برای این منظور، ابتدا باید مقدار گاز کربن دی‌اکسید را در شرایطی که ثابت تعادل برابر با ۰/۰۲ مول بر لیتر و حجم ظرف برابر با ۱۵ لیتر است، بدست بیاوریم. توجه داریم که ثابت تعادل این واکنش، فقط معادل با غلظت گاز کربن دی‌اکسید بوده و با استفاده از رابطه کلی $K = [CO_2]$ قابل محاسبه است. بر این اساس، داریم:

$$K = [CO_2] = 0/02\ mol.L^{-1} \Longrightarrow n_{CO_2} = [CO_2] \times V = 0/02 \times 15 = 0/3\ mol$$

پس مقدار گاز کربن دی‌اکسید اولیه برابر با ۰/۳ مول است. با افزایش دما در این واکنش، ثابت تعادل افزایش یافته و تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. طبق فرض سوال، مقدار ثابت تعادل به اندازه ۵۰٪ افزایش پیدا کرده است، پس می‌توان گفت مقدار این مولفه از ۰/۰۲ مول بر لیتر به ۰/۰۳ مول بر لیتر رسیده است. بنابراین مقدار گاز کربن دی‌اکسید را در شرایطی که ثابت تعادل برابر با ۰/۰۳ مول بر لیتر و حجم ظرف برابر با ۶۰ لیتر است، محاسبه می‌کنیم.

$$K = [CO_2] = 0/03\ mol.L^{-1} \Longrightarrow n_{CO_2} = [CO_2] \times V = 0/03 \times 60 = 1/8\ mol$$

در نتیجه مقدار گاز کربن دی‌اکسید به اندازه ۱/۵ مول افزایش یافته و از ۰/۳ مول اولیه به ۱/۸ مول در تعادل نهایی رسیده است. در نهایت مقدار افزایش جرم این گاز را حساب می‌کنیم:

$$?\,g\ CO_2 = 1/5\ mol\ CO_2 \times \frac{44\ g\ CO_2}{1\ mol\ CO_2} = 66\ g$$

با توجه به محاسبات بالا، نتیجه می‌گیریم مجموع جرم مواد جامد موجود در ظرف واکنش به اندازه ۶۶ گرم کاهش می‌یابد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۳ ابتدا شمار مول‌های گاز کلر در ظرف واکنش را در لحظه تعادل محاسبه می‌کنیم. از آنجا که هر مول گاز کلر شامل $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ مولکول از این گاز می‌شود، مقدار گاز کلر را در نمونه‌ای که دارای $۱/۲۰۴ \times ۱۰^{۲۳}$ مولکول کلر است، محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\ Cl_۲ = ۱/۲۰۴ \times ۱۰^{۲۳}\ molecule\ Cl_۲ \times \frac{۱\ mol\ Cl_۲}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ molecule\ Cl_۲} = ۰/۲\ mol$$

بنابراین مقدار گاز کلر در لحظه تعادل برابر با ۰/۲ مول است. معادله موازنه‌شده واکنش و روند تغییرات شمار مول‌های مواد به صورت زیر است:

$$PCl_۵(g) \longrightarrow Cl_۲(g) + PCl_۳(g)$$

در ابتدای واکنش :	۰	۰	x
در لحظه تعادل :	۰/۲	۰/۲	$x - ۰/۲$

از آنجا که حجم سامانه در حالت تعادل برابر با ۱۰ لیتر است، ثابت تعادل واکنش را می‌توانیم به صورت زیر بنویسیم:

$$K = \frac{[Cl_۲][PCl_۳]}{[PCl_۵]} = \frac{(۰/۲)^۲}{x - ۰/۲} \times (\frac{۱}{۱۰})^{۲-۱} = ۱۰^{-۲} \Rightarrow \frac{۰/۰۴}{x - ۰/۲} = ۰/۱ \Rightarrow x - ۰/۲ = ۰/۴ \Rightarrow x = ۰/۶\ mol$$

در نتیجه، شمار مول‌های اولیه گاز $PCl_۵$ وارد شده به ظرف واکنش برابر با ۰/۶ مول بوده است. در مرحله آخر، جرم اولیه این گاز را حساب می‌کنیم:

$$?\,g\ PCl_۵ = ۰/۶\ mol\ PCl_۵ \times \frac{۲۰۸/۵\ g\ PCl_۵}{۱\ mol\ PCl_۵} = ۱۲۵/۱\ g$$

با توجه به محاسبات بالا، نتیجه می‌گیریم که مقدار اولیه گاز $PCl_۵$ وارد شده به ظرف واکنش برابر با ۱۲۵/۱ گرم بوده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۴ عبارت‌های (ب) و (پ) درست‌اند.

بررسی موارد:

آ: معادله واکنش انجام شده به صورت $۲SO_۳(g) \leftrightharpoons ۲SO_۲(g) + O_۲(g)$ است. از آنجا که تعداد مول گازها در سمت فراورده‌ها بیشتر است، با کاهش حجم ظرف واکنش، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و در نتیجه غلظت مواد گازی شرکت‌کننده در تعادل تغییر می‌کند. توجه داریم که در لحظه اعمال تغییر(کاهش حجم)، غلظت همه گازها افزایش می‌یابد ولی در ادامه این فرایند و با جابجایی تعادل، غلظت‌ها تغییر خواهد کرد.

ب: با توجه به گرماگیر بودن این واکنش، با افزایش دمای ظرف در حجم ثابت، تعادل به سمت راست(در جهت مصرف گرما) جابه‌جا شده و غلظت فراورده‌ها از جمله گاز گوگرد دی‌اکسید افزایش می‌یابد.

براساس قانون لوشاتلیه، اگر تغییری موجب بر هم زدن حالت تعادل در یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابه‌جا می‌شود که تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند. تغییر دمای سامانه تعادلی، یکی 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 حال 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 در جهت برگشت پیش رفته و مقدار واکنش‌دهنده‌ها افزایش می‌یابد. با کاهش دمای یک سامانه در حال 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 واکنش‌دهنده‌ها افزایش پیدا می‌کند. در نقطه مقابل، اگر این واکنش گرماده باشد، با کاهش دما در جهت رفت پیش می‌رود و مقدار فراورده‌ها افزایش می‌یابد.

پ: بر اثر خارج کردن مقداری گاز اکسیژن از ظرف واکنش، تعادل به سمت راست و تولید گاز $O_۲$ بیشتر جابه‌جا می‌شود تا بنا بر اصل لوشاتلیه، تغییر اعمال شده بر تعادل را تا حد امکان جبران کند.

ت: در دمای ثابت، حجم یک سامانه گازی با فشار آن سامانه رابطه عکس دارد. اگر در دمای ثابت، در این واکنش فشار وارد شده به گازها افزایش یابد(حجم مخلوط گازی شرکت‌کننده در واکنش کاهش پیدا کند)، تعادل به سمت مول‌های گازی کمتر یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و از آنجا که برخورد ذرات موجود در ظرف واکنش با هم بیشتر می‌شود، سرعت واکنش رفت و برگشت هر دو افزایش می‌یابد. توجه داریم که میزان افزایش سرعت برای واکنش برگشت، بیشتر از واکنش رفت خواهد بود.

از تغییر حجم سامانه واکنش می‌توان برای تغییر غلظت مواد گازی شرکت‌کننده در واکنش کمک گرفت. یکی از راه‌های تغییر حجم سامانه‌های گازی، تغییر فشار است. در واقع، با افزایش فشار اعمال‌شده بر یک تعادل گازی، حجم اشغال‌شده توسط گازها کاهش پیدا می‌کند و با کاهش فشار اعمال‌شده بر یک تعادل گازی نیز حجم اشغال‌شده توسط گازها افزایش می‌یابد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۵ معادله واکنش گرماگیر انجام شده به صورت زیر است:

$$Q + NH_4HS(s) \leftrightharpoons NH_3(g) + H_2S(g)$$

اگر حجم ظرف واکنش در سامانه مورد نظر افزایش پیدا کند، تعادل گازی داده شده به سمت تعداد مول‌های گازی بیشتر(در جهت رفت) جابه‌جا شده و درصد پیشرفت آن افزایش پیدا خواهد کرد. توجه داریم که کاهش دمای محیط و یا افزودن گاز آمونیاک به سامانه واکنش، تعادل را در جهت برگشت جابه‌جا کرده و منجر به کاهش درصد پیشرفت واکنش می‌شوند. افزودن کاتالیزگر به سامانه واکنش نیز منجر به جابه‌جایی تعادل نشده و صرفا مدت زمان لازم برای برقراری تعادل را کاهش می‌دهد.

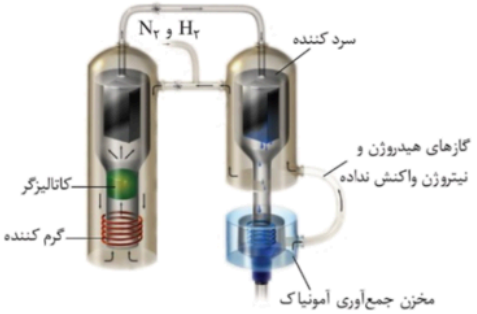
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۶ فقط عبارت (ب) درست است.

بررسی موارد:

آ: در دمای اتاق، با ایجاد جرقه در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدروژن، انرژی فعال‌سازی(E_a) واکنش تامین نشده و این گازها با یکدیگر واکنش نمی‌دهند. به عبارت دیگر، می‌توان گفت نیتروژن واکنش‌پذیری ناچیزی دارد و در دمای اتاق با گاز هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه واکنش نمی‌دهد؛ بنابراین از واکنش گازهای هیدروژن و نیتروژن در دما و شرایط اتاق نمی‌توانیم برای تولید آمونیاک استفاده کنیم. از طرف دیگر، واکنش میان این گازها برگشت‌پذیر است و به صورت تعادلی انجام می‌شود، پس کل گازهای هیدروژن و نیتروژن واردشده به محفظه واکنش، به فراورده تبدیل نمی‌شوند.

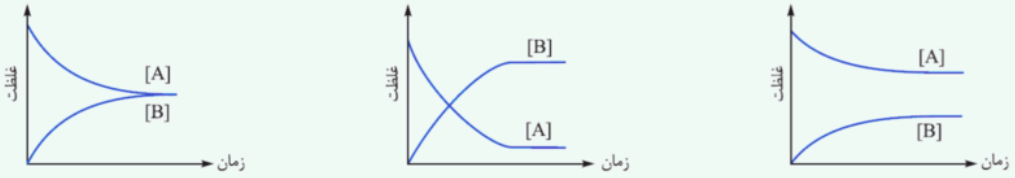
ب: در فرایند تعادلی هابر، گاز آمونیاک با استفاده از گازهای H_2 و N_2 در شرایط ویژه تولید می‌شود. همانطور که می‌دانیم، نقطهٔ جوش گازهای H_2 و N_2 از نقطهٔ جوش آمونیاک بسیار پایین‌تر است؛ بنابراین با تنظیم دمای سردکننده در دمایی کمی پایین‌تر از دمای جوش آمونیاک، می‌توان این گاز را مایع کرده و از مخلوط 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 واکنش‌نداده، مجدداً به سمت گرم‌کننده حرکت می‌کنند تا از آن‌ها برای تولید آمونیاک بیشتر استفاده شود.

پ: معادله واکنش انجام شده به صورت $3H_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ است. هرچند که ضریب گاز آمونیاک در این واکنش ۲ برابر ضریب گاز نیتروژن است، اما چون یک ماده در سمت فراورده‌ها و یک ماده در سمت واکنش‌دهنده‌ها قرار گرفته است، نمی‌توان گفت در حالت تعادل، غلظت آمونیاک حتما ۲ برابر غلظت گاز نیتروژن خواهد بود.

در لحظه برقراری تعادل، غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت می‌ماند اما هیچ لزومی به یکسان‌بودن غلظت آن‌ها در لحظه برقراری تعادل وجود ندارد. به عنوان مثال، در واکنش تعادلی $A \rightleftharpoons B$ ، ممکن است در لحظه تعادل، غلظت ماده A، ۱۰ برابر غلظت B باشد. هر یک از نمودارهای غلظت-زمان زیر را می‌توان به روند تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده در این سامانه شیمیایی تا لحظه برقراری تعادل نسبت داد:



ت: شرایط بهینه مورد نیاز برای فرایند هابر(فرایند تعادلی تولید آمونیاک از گازهای نیتروژن و هیدروژن) شامل کاتالیزگر آهن، دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس و فشار ۲۰۰ اتمسفر است. در این شرایط، درصد پیشرفت واکنش برابر با ۴۳/۷۵٪ بوده و درصد مولی آمونیاک در مخلوط گازی ایجاد شده برابر با ۲۸٪ می‌شود.

آرایش الکترونی فلز آهن به صورت زیر است:

$$[_{26}Fe] = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$$

با توجه به معادله $n + l = 4$، مقادیر l را از صفر تا ۲ تغییر می‌دهیم تا مقدار n بدست بیاید، سپس زیرلایه متناظر با اعداد کوانتومی n و l را می‌نویسیم:

$l = 0 \rightarrow n = 4 \xrightarrow{\text{زیرلایه متناظر}} 4s$ | $l = 1 \rightarrow n = 4 - 1 = 3 \xrightarrow{\text{زیرلایه متناظر}} 3p$ | $l = 2 \rightarrow n = 4 - 2 = 2 \xrightarrow{\text{زیرلایه متناظر}}$ وجود ندارد $2d$

توجه داریم که در آرایش الکترونی $_{26}Fe$، در زیرلایه‌های $4s$ و $3p$ به ترتیب ۲ و ۶ الکترون و در مجموع این دو زیرلایه، ۸ الکترون وجود دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۷ تعداد مول واکنش‌دهنده‌های وارد شده به ظرف را در ابتدای واکنش حساب می‌کنیم:

$$\text{تعداد مول } CO = \frac{۵۶}{۲۸} = ۲\ mol \quad \text{و} \quad \text{تعداد مول } H_۲O = \frac{۳۶}{۱۸} = ۲\ mol$$

برای برقرار شدن تعادل، مقدار از واکنش‌دهنده‌ها مصرف شده و مقداری فراورده تولید می‌شود، پس در حالت تعادل داریم:

$$CO(g) + H_۲O(g) \rightleftharpoons CO_۲(g) + H_۲(g)$$

در حال تعادل : $۲-x \quad ۲-x \quad x \quad x$

برای هر واکنش تعادلی، کمیتی به نام ثابت تعادل تعریف می‌شود که مقدار آن در دمای یکسان همواره ثابت خواهد بود. از آنجا که مجموع مول‌های گازی در دو طرف تعادل یکسان است($\Delta n = ۰$)، میزان ثابت تعادل مستقل از حجم ظرف بوده و می‌توانیم بجای غلظت تعادلی هر ماده، شمار مول‌های تعادلی آن را در رابطه ثابت تعادل جایگذاری کنیم، پس داریم:

$$K = \frac{[CO_۲][H_۲]}{[CO][H_۲O]} = \frac{x \times x}{(۲-x) \times (۲-x)} = \frac{x^۲}{(۲-x)^۲} = ۴ \quad \rightarrow \quad \frac{x}{۲-x} = ۲ \rightarrow x = ۴ - ۲x \rightarrow ۳x = ۴ \rightarrow x = \frac{۴}{۳}$$

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 واردشده به ظرف، به فراورده تبدیل می‌شوند. برای محاسبه درصد پیشرفت(بازده درصدی) واکنش‌های شیمیایی، از رابطه زیر کمک می‌گیریم:

$$\text{درصد پیشرفت واکنش} = \frac{\text{تعداد مول واکنش‌دهنده مصرف شده}}{\text{تعداد مول اولیهٔ واکنش‌دهنده}} \times ۱۰۰$$

درصد پیشرفت واکنش برابر است با:

$$\text{درصد پیشرفت واکنش} = \frac{\text{تعداد مول } CO \text{ مصرف شده}}{\text{تعداد مول اولیهٔ } CO} \times ۱۰۰ = \frac{\frac{۴}{۳}}{۲} \times ۱۰۰ \simeq ۶۶/۷ \text{ درصد}$$

و مجموع شمار مولکول‌های فراورده‌ها در تعادل برابر خواهد بود با:

$$\text{مجموع شمار مولکول‌های فراورده‌ها} = \left(۲ \times \frac{۴}{۳}\right) mol \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}}{۱\ mol} \simeq ۱/۶ \times ۱۰^{۲۴} \text{ مولکول}$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸ شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کم‌ترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است. برطبق اصول شیمی سبز، یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های موجود در مواد واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شوند. معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$C_2H_4(g) + H_2O(l) \rightarrow C_2H_5OH(l)$$

همه اتم‌های وارد شده در این واکنش شیمیایی، در ساختار فراورده هدف(اتانول) قرار گرفته و هیچ‌کدام از اتم‌ها وارد هیچ فراورده فرعی نشده‌اند. این در حالی است که معادله واکنش تخمیر گلوکز به صورت زیر است:

$$C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2C_2H_5OH(l) + 2CO_2(g)$$

در واکنش تخمیر، برخی از اتم‌ها وارد ساختار گاز کربن دی‌اکسید شده و این ماده به عنوان یه فراورده فرعی از محیط واکنش خارج می‌شود.

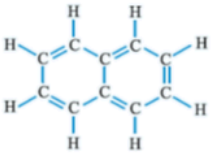
بررسی سایر گزینه‌ها:

۲) آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین، پلی‌اتن، اتانول و اتیلن‌گلیکول، از جمله فراورده‌های پتروشیمیایی هستند که با استفاده از نفت خام بدست می‌آیند. این مواد، با استفاده از فناوری‌های شیمیایی تولید می‌شوند. با تبدیل نفت خام به فراورده‌های پتروشیمیایی ارزشمندتر مانند آمونیاک، بنزین، اتیلن گلیکول، متانول و سولفوریک اسید، می‌توان از خام‌فروشی این ماده جلوگیری کرده و آن را با قیمت‌های بالاتری به فروش رساند.

۳) در واکنش گاز اتن با آب، اتانول تولید می‌شود. اتانول یک الکل تک‌عاملی بوده و از آن نمی‌توان در واکنش تولید پلی‌استرها استفاده کرد. مونومر مصرف شده در واکنش تولید پلی‌استرها، الکل‌های دوعاملی مثل اتیلن گلیکول هستند.

۴) از واکنش میان اتانول(CH_3CH_2OH) با پروپانوئیک اسید(C_2H_5COOH) در مجاورت سولفوریک اسید، نوعی ترکیب استری به نام اتیل پروپانوات(ترکیبی با فرمول مولکولی $C_2H_5COOCH_2CH_3$) بدست می‌آید که برخلاف نفتالن($C_{10}H_8$)، تعداد ۱۰ اتم H در ساختار خود دارد. ساختار مولکولی نفتالن به صورت زیر است:

مدل فضاپرکن: 

ساختار لوویس: 

مدل نقطه ـ خط: 

بنزن، سرگروه خانواده مهمی از مواد به نام ترکیب‌های آروماتیک(آروماتیک یعنی خوش بو و معطر) است. در ساختار مولکول‌های سازنده این گروه از مواد، یک یا چند حلقه شش‌ضلعی کربنی دیده می‌شود که پیوندهای کربن-کربن موجود در آن، به صورت یکی در میان، دوگانه هستند. نفتالن با فرمول شیمیایی $C_{10}H_8$ نیز یک ترکیب آروماتیک به شمار می‌رود. در ساختار هر مولکول نفتالن، ۵ پیوند $C=C$ و ۸ پیوند $C-H$ وجود دارد. این ماده، یک ترکیب جامد و سفیدرنگ است که مدت‌ها به عنوان ضدبید برای نگهداری فرش و لباس کاربرد داشته است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۹ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ث) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: فراورده واکنش ۲-بوتن با آب در مجاورت کاتالیزگر مناسب، ۲-بوتانول با فرمول مولکولی $C_۴H_{۱۰}O$ است که مشخصاً درصد جرمی کربن در آن از اتیلن‌گلیکول با فرمول مولکولی $C_۲H_۶O_۲$ بیشتر است؛ زیرا نسبت شمار اتم‌های C به شمار اتم‌های O و یا شمار اتم‌های H در آن بیشتر است.

ب: چگالی کم، نفوذناپذیری در مقابل هوا، ارزانی و مقاومت در برابر خوردگی، از جمله خواص مهم پلاستیک‌ها هستند.

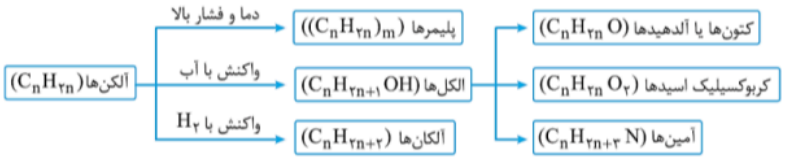
پ: دی الکل استفاده شده در سنتز پلی‌اتیلن ترفتالات، اتیلن گلیکول است که واکنش سوختن کامل آن به صورت زیر است:

$$۲C_۲H_۶O_۲ + ۵O_۲ \rightarrow ۴CO_۲ + ۶H_۲O$$

بنابراین حجم گاز اکسیژن موردنیاز برابر خواهد بود با:

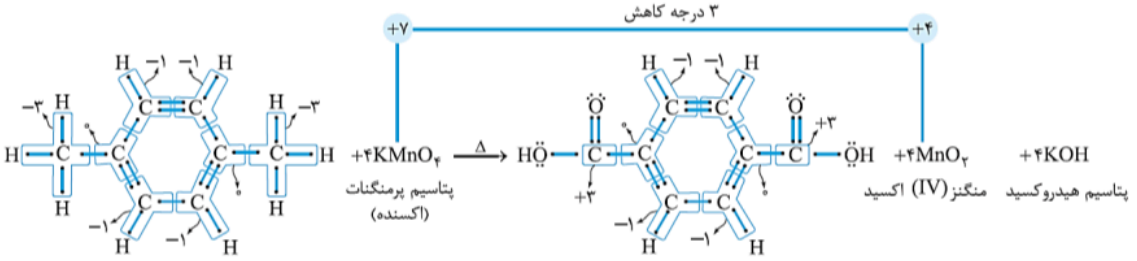
$$?\,L\,O_۲ = ۰/۵\,mol\,C_۲H_۶O_۲ \times \frac{۵\,mol\,O_۲}{۲\,mol\,C_۲H_۶O_۲} \times \frac{۲۲/۴\,L\,O_۲}{۱\,mol\,O_۲} = ۲۸\,L$$

ت: روند تولید آمین‌ها، کربوکسیلیک اسیدها، کتون‌ها و آلدهیدها را با استفاده از آلکن‌ها نشان می‌دهد:



با توجه به نمودار، آمین‌ها را با استفاده از الکل‌ها و الکل‌ها را نیز با استفاده از آلکن‌ها تولید می‌کنند؛ اما تبدیل مستقیم آلکن‌ها به آمین‌ها ممکن نیست.

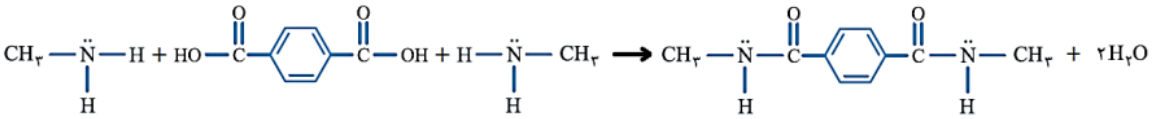
ث: ترفتالیک اسید یک اسید دو پروتون‌دار است که بر اثر اکسایش پارازایلن(هیدروکربنی که از نفت گرفته می‌شود) توسط محلول بنفش‌رنگ پرمنگنات پتاسیم، بدست می‌آید. معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



همانطور که مشخص است، ترکیب تولید شده طی این فرایند ۲ گروه عاملی کربوکسیل در ساختار خود دارد و همانند سولفوریک اسید و کربنیک اسید، از جمله اسیدهای دوپروتون‌دار به شمار می‌رود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۰ معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



با توجه به معادله این واکنش شیمیایی، جرم فراورده تولید شده که یک دی‌آمید با فرمول شیمیایی $C_{۱۰}H_{۱۲}N_۲O_۲$ و جرم مولی ۱۹۲ گرم بر مول است را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,C_{۱۰}H_{۱۲}N_۲O_۲ = ۴۱/۵\,g\,C_۸H_۶O_۴\ \text{ناخالص} \times \frac{۵۰\,g\,C_۸H_۶O_۴}{۱۰۰\,g\,C_۸H_۶O_۴\ \text{ناخالص}} \times \frac{۱\,mol\,C_۸H_۶O_۴}{۱۶۶\,g\,C_۸H_۶O_۴} \times \frac{۱\,mol\,C_{۱۰}H_{۱۲}N_۲O_۲}{۱\,mol\,C_۸H_۶O_۴} \times$$

$$\frac{۱۹۲\,g\,C_{۱۰}H_{۱۲}N_۲O_۲}{۱\,mol\,C_{۱۰}H_{۱۲}N_۲O_۲} \times \frac{\text{مقدار نظری}\ ۸۰}{\text{مقدار عملی}\ ۱۰۰} = ۱۹/۲\,g$$

برای محاسبه جرم فراورده تولید شده با استفاده از روش تناسب، داریم:

$$\frac{\text{جرم}\ C_۸H_۶O_۴ \times \frac{\text{درصد خلوص}}{۱۰۰} \times \frac{\text{بازده درصدی}}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم}\ C_{۱۰}H_{۱۲}N_۲O_۲}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Longrightarrow \frac{۴۱/۵\,g\,C_۸H_۶O_۴ \times \frac{۵۰}{۱۰۰} \times \frac{۸۰}{۱۰۰}}{۱۶۶ \times ۱} = \frac{x\,g\,C_{۱۰}H_{۱۲}N_۲O_۲}{۱۹۲ \times ۱} \Longrightarrow$$

$$x = ۱۹/۲\,g\,C_{۱۰}H_{۱۲}N_۲O_۲$$

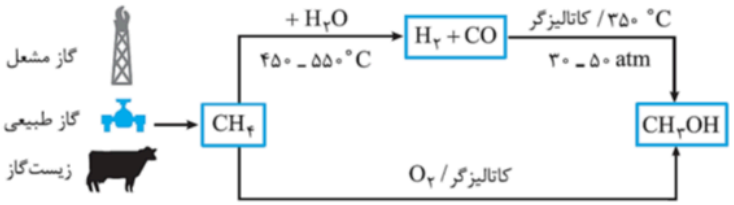
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۱ واکنش‌های انجام شده در روش تولید غیرمستقیم متانول از گاز متان به صورت زیر است:

$$CH_۴(g) + H_۲O(g) \longrightarrow CO(g) + ۳H_۲(g)$$
$$CO(g) + ۲H_۲(g) \longrightarrow CH_۳OH(g)$$

از ۳ مول هیدروژن تولید شده در واکنش اول، دو مول هیدروژن وارد واکنش دوم می‌شود. بنابراین به ازای تولید هر مول متانول، یک مول هیدروژن اضافی تولید می‌شود. توجه داریم که در تولید غیرمستقیم متانول، ردپای کربن دی‌اکسید افزایش می‌یابد؛ زیرا برای تأمین دمای بالا، اغلب از سوزاندن سوخت‌های فسیلی استفاده می‌شود که گاز کربن دی‌اکسید تولید می‌کنند. به همین دلیل، پژوهش‌های زیادی در حال انجام است تا بتوان گاز متان را به طور مستقیم به متانول تبدیل کرد. به عنوان مثال، می‌توان گاز متان را در حضور کاتالیزگر و اکسنده‌ای مانند $O_۲$ به طور مستقیم به متانول تبدیل کرد. تصویر زیر، نمایی از فرایند تولید متانول را نشان می‌دهد:



ابتدا تعداد مول هیدروژن اضافی تولید شده را بدست می‌آوریم. واکنش سیرشدن کامل نفتالن به صورت زیر است:

$$C_۱۰H_۸(s) + ۵H_۲(g) \rightarrow C_۱۰H_{۱۸}(s)$$

در ساختار نفتالن پنج پیوند دوگانه وجود دارد که با پنج مول گاز $H_۲$ به طور کامل سیر می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$?\,mol\,H_۲ = ۹۶\,g\,C_۱۰H_۸ \times \frac{۱\,mol\,C_۱۰H_۸}{۱۲۸\,g\,C_۱۰H_۸} \times \frac{۵\,mol\,H_۲}{۱\,mol\,C_۱۰H_۸} = ۳/۷۵\,mol\,H_۲$$

در نهایت حجم متانول تولید شده را حساب می‌کنیم:

$$?\,mL\,CH_۳OH = ۳/۷۵\,mol\,H_۲\ \text{اضافی} \times \frac{۱\,mol\,CH_۳OH}{۱\,mol\,H_۲\ \text{اضافی}} \times \frac{۲۳\,L\,CH_۳OH}{۱\,mol\,CH_۳OH} \times \frac{۱۰۰۰\,mL\,CH_۳OH}{۱\,L\,CH_۳OH} = ۸۶۲۵۰\,mL$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۲ ساختار نشان داده شده، مربوط به یک ماده دارویی به اسم تیوبوتاباربیتال است فرمول شیمیایی این ماده دارویی به صورت $C_۱۰H_{۱۶}N_۲SO_۲$ است. در ساختار مولکولی این ترکیب ۳ پیوند دوگانه، یک حلقه شش‌ضلعی و دو اتم نیتروژن وجود دارد. در رابطه با ترکیب داده شده، فقط عبارت (آ) درست است.

بررسی موارد:

آ: نیتروژن در مقایسه با اتم‌های کربن و هیدروژن خاصیت نافلزی بیشتری دارد. در ساختار این ماده، هر اتم نیتروژن به ۲ اتم کربن و یک اتم هیدروژن متصل شده‌است، پس عدد اکسایش هر اتم نیتروژن در این ماده برابر با ۳- می‌شود. در ساختار متیل آمین نیز عدد اکسایش هر اتم نیتروژن برابر با ۳- است.

ب: مولکول پلی‌اتیلن ترفتالات، نوعی پلی‌استر بوده و در ساختار آن گروه‌های عاملی استری وجود دارند. این در حالی است که در ساختار ترکیب مورد نظر، گروه عاملی آمیدی یافت شده و گروه عاملی استری وجود ندارد.

پ: در ساختار این ترکیب، مجموعا ۱۰ اتم کربن وجود دارد. از میان این ۱۰ اتم کربن، ۴ مورد از اتم‌های کربن که همگی در ساختار حلقه شش‌ضلعی قرار گرفته‌اند، به هیچ اتم هیدروژنی متصل نشده‌اند. این تعداد، معادل با ۴۰٪ از کل اتم‌های کربن است.

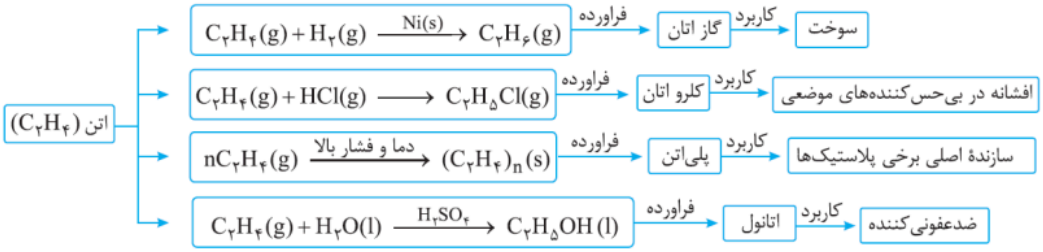
ت: چون اتم اکسیژن در مقایسه با اتم گوگرد شعاع اتمی کوچک‌تری دارد، پس قطعا آنتالپی پیوند $C = S$ کمتر از پیوند $C = O$ خواهد بود.

ث: در ساختار مولکولی ویتامین کا، حلقه شش‌ضلعی کربنی یافت می‌شود اما در ساختار مولکولی ترکیب داده شده، یک حلقه شش‌ضلعی وجود دارد که در ساختار آن اتم‌های کربن و نیتروژن وجود دارند.

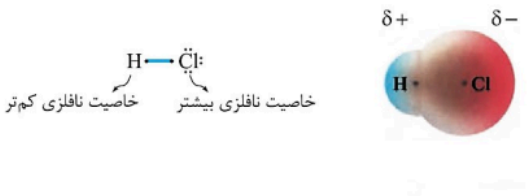
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

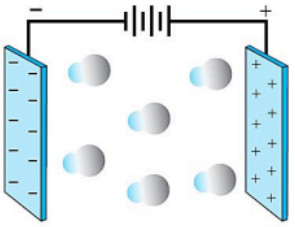
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۳ گاز اتن(اولین عضو خانواده آلکن‌ها با فرمول مولکولی C_2H_4)، سنگ بنای صنایع پتروشیمی بوده و با استفاده از آن، انواع فراورده‌های پتروشیمیایی سودمند را می‌توان تهیه کرد. نمودار زیر، روند تبدیل این ماده به برخی از فراورده‌های سودمند را نشان می‌دهد:



با توجه به نمودار بالا، ترکیب‌های A و B به ترتیب معادل با گاز هیدروژن کلرید و آب هستند. چون گاز هیدروژن کلرید از مولکول‌های قطبی ساخته شده است، یک نمونه از این ماده در آب حل شده و محلول هیدروکلریک اسید را تولید می‌کند. تصویر زیر، نمایی از ساختار مولکول‌های دواتمی گاز هیدروژن کلرید را نشان می‌دهد:





همانطور که مشخص است، گاز هیدروژن کلرید، همانند آب، از مولکول‌های قطبی ساخته شده و در صورت قرار گرفتن در یک میدان الکتریکی، ذرات سازنده این ماده جهت‌گیری پیدا می‌کنند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۴۴ متانول(ساده ترین عضو خانواده الکل‌ها) در واکنش با پلی‌اتیلن ترفتالات یا PET، این ماده را به مواد مفیدی تبدیل می‌کند. توجه داریم که متانول، همانند اتانول، یک ماده بی‌رنگ است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) ساختار ترفتالیک اسید به صورت مقابل است:



فرمول شیمیایی این ترکیب به صورت $C_8H_6O_4$ است. هریک از اتم‌های کربن موجود در این ماده، توسط یک پیوند دوگانه و دو پیوند یگانه به ۳ اتم دیگر متصل شده‌اند.

۲) گاز متان، بخش اصلی سازنده گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. در میدان‌های نفتی برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از گاز متان استخراج شده را می‌سوزانند. یکی از کاربردهای گاز متان، تبدیل این ماده به متانول است. گاز متان واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و تبدیل آن به متانول فرایند دشواری است که انجام آن به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. به دلیل ارزان‌بودن گاز متان و اهمیت بالای متانول در صنایع گوناگون، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متانول پیدا کرد.

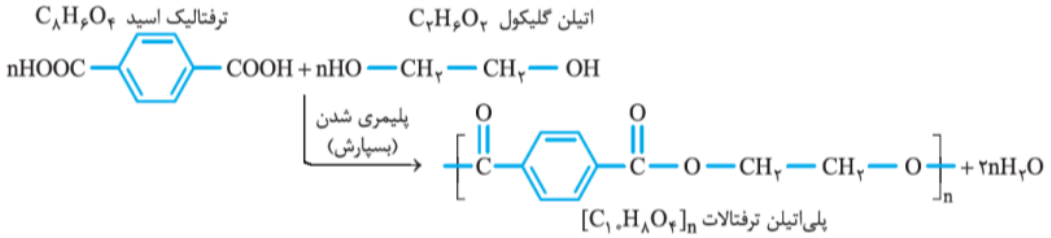
۳) نفت خام، یکی از سوخت‌های فسیلی است که به شکل مایع غلیظ سیاه رنگ یا قهوه‌ای متمایل به سبز از دل زمین استخراج می‌شود. بر اساس پژوهش‌ها و یافته‌های تجربی، نفت خام مخلوطی از هزاران ترکیب شیمیایی است که بخش عمده آن‌ها را هیدروکربن‌های گوناگون تشکیل می‌دهند. هیدروکربن‌ها ترکیب‌هایی هستند که از اتصال اتم‌های هیدروژن و کربن به یکدیگر تشکیل شده‌اند. اتن، بنزن، سیکلوهگزان و پارازایلن، از جمله هیدروکربن‌های موجود در نفت خام هستند.

در زمان کشف نفت خام، شیمی‌دان‌ها نمی‌دانستند که در این مخلوط سیاه رنگ چه موادی وجود دارد، این مواد چه خواصی دارند و هنگام انجام آزمایش و بررسی آن، چه اتفاقاتی ممکن است رخ دهد. پس از آن، شیمی‌دان‌ها با بررسی بیشتر نفت خام، موفق به شناسایی برخی از مواد موجود در آن شده و با ساختار و رفتار این مواد آشنا شدند. ویژگی‌ها و رفتارهای این مواد چنان جذاب و غیرمنتظره بود که سبب افزایش پژوهش‌ها در مورد نفت خام شد. این پژوهش‌ها با یافتن کاربردهای جدید و مناسب برای مواد موجود در نفت خام، خبرهای خوشی از جمله حل مشکل حمل و نقل از شهری به شهر دیگر را نوید می‌داد. بخاطر همین ویژگی‌های جالب است که امروزه نفت خام را طلای سیاه می‌نامند. توجه داریم که روزانه بیش از ۸۰ میلیون بشکه‌ی نفت خام(هر بشکه معادل با ۱۵۹ لیتر است) در دنیا به شکل‌های گوناگون مصرف می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۵ واکنش تولید پلی‌اتیلن ترفتالات از مونومرهای آن به صورت زیر است:



برای تولید هر مول ترفتالیک اسید($C_8H_6O_4$) نیز به ۱ مول پارازایلن(C_8H_{10}) نیاز داریم، پس می‌توان نوشت:

$$n\ mol\ C_8H_{10} \sim n\ mol\ C_8H_6O_4 \sim 1\ mol\ (C_{10}H_8O_4)_n$$

با توجه به رابطه هم‌ارزی بالا، برای تولید ۱ مول پلی‌اتیلن ترفتالات، به n مول پارازایلن نیاز داریم. بر این اساس، جرم پارازایلن ناخالص استفاده شده در مراحل مربوط به تولید ۴۸ گرم پلی‌اتیلن ترفتالات را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,g\ C_8H_{10}\ \text{ناخالص} = 48\ g\ (C_{10}H_8O_4)_n \times \frac{1\ mol\ (C_{10}H_8O_4)_n}{192n\ g\ (C_{10}H_8O_4)_n} \times \frac{n\ mol\ C_8H_{10}\ \text{خالص}}{1\ mol\ (C_{10}H_8O_4)_n} \times \frac{106\ g\ C_8H_{10}\ \text{خالص}}{1\ mol\ C_8H_{10}\ \text{خالص}} \times \frac{100\ g\ C_8H_{10}\ \text{ناخالص}}{53\ g\ C_8H_{10}\ \text{خالص}} = 50\ g$$

با توجه به محاسبات بالا، برای تولید پلیمر مورد نظر به ۵۰ گرم پارازایلن ناخالص نیاز داریم.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۴۶ استرها دسته‌ای از مواد آلی هستند که در ساختار آن‌ها گروه استری($-COO-$) وجود دارد. فرمول شیمیایی کلی استرها به صورت $R-COO-R'$ می‌باشد که در آن R معادل با اتم هیدروژن یا یک زنجیره هیدروکربنی بوده و R' معادل با یک زنجیره هیدروکربنی است. توجه داریم که استرها را می‌توان از واکنش میان الکل‌ها($R'-OH$) و کربوکسیلیک اسیدها($R-COOH$) بدست آورد. در نقطه مقابل، استرها در واکنش با آب، می‌توانند به اسید و الکل سازنده خود تجزیه شوند. این واکنش، اصطلاحا به واکنش آبکافت معروف است. ابتدا با استفاده از جرم اتانول به دست آمده، مقدار مول مادهٔ آلی(ترکیب استری) مصرف شده را به دست می‌آوریم. معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$C_nH_{2n}O_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} A + C_2H_5OH$$

با توجه به معادله واکنش انجام شده، داریم:

$$?\,mol\ C_nH_{2n}O_2 = 138\ g\ C_2H_5OH \times \frac{1\ mol\ C_2H_5OH}{46\ g\ C_2H_5OH} \times \frac{1\ mol\ C_nH_{2n}O_2}{1\ mol\ C_2H_5OH} = 3\ mol$$

طبق فرض سوال، ۴۸۰ گرم ترکیب آلی با خلوص ۹۰٪(معادل با ۴۳۲ گرم ترکیب آلی خالص) در واکنش آبکافت مصرف شده، پس جرم ۳ مول از مادهٔ آلی اولیه برابر با ۴۳۲ گرم بوده است، بنابراین می‌توان گفت جرم مولی این ترکیب برابر با ۱۴۴ گرم است. سپس با استفاده از جرم مولی ترکیب مورد نظر، فرمول مولکولی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$C_nH_{2n}O_2 : 12n + 2n + 32 = 144 \quad \rightarrow \quad n = 8 \quad \rightarrow \quad C_8H_{16}O_2$$

از آبکافت این استر($C_8H_{16}O_2$)، اتانول تولید شده است بنابراین ماده A باید یک ترکیب اسیدی ۶ کربنه باشد که فرمول مولکولی آن به صورت $C_6H_{12}O_2$ است.

با توجه به مراحل انجام شده، معادله این واکنش به صورت زیر خواهد بود:

$$C_8H_{16}O_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} C_6H_{12}O_2 + C_2H_5OH$$

در ساختار یک استر ۸ کربنه سیرشده، مجموعا ۲۶ پیوند اشتراکی بین اتم‌ها وجود دارد. در قدم بعد، جرم اسید تولید شده در این فرایند را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ C_6H_{12}O_2 = 138\ g\ C_2H_5OH \times \frac{1\ mol\ C_2H_5OH}{46\ g\ C_2H_5OH} \times \frac{1\ mol\ C_6H_{12}O_2}{1\ mol\ C_2H_5OH} \times \frac{116\ g\ C_6H_{12}O_2}{1\ mol\ C_6H_{12}O_2} = 348\ g$$

در قدم آخر، جرم محلول ۲/۵ درصد جرمی از اسید تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ \text{محلول} = 348\ g\ C_6H_{12}O_2 \times \frac{100\ g\ \text{محلول}}{2/5\ g\ C_6H_{12}O_2} \times \frac{1\ kg\ \text{محلول}}{1000\ g\ \text{محلول}} = 13/92\ kg$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۷ در هر واحد تکرارشونده از این پلیمر، تعداد $(۱ \times ۲) + (۲ \times ۲) = ۶$ جفت الکترون ناپیوندی$(n.p.e)$ وجود دارد. توجه داریم که این جفت الکترون‌های ناپیوندی روی اتم‌های نیتروژن و اکسیژن قرار گرفته‌اند. جرم مولی هر واحد تکرارشونده برابر است با:

$$(۹ \times ۱۲) + (۲ \times ۱۶) + (۲ \times ۱۴) + ۸ = ۱۷۶\ g.mol^{-۱}$$

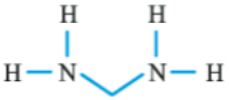
بر این اساس داریم:

$$?\,n.p.e = ۷۹/۲\ g\ \text{پلیمر} \times \frac{۱\ mol\ \text{پلیمر}}{۱۷۶n\ g\ \text{پلیمر}} \times \frac{n\ mol\ \text{تکرارشونده}}{۱\ mol\ \text{پلیمر}} \times \frac{۶\ mol\ n.p.e}{۱\ mol\ \text{تکرارشونده}} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} n.p.e}{۱\ mol\ n.p.e} = ۱/۶۲۵۴ \times ۱۰^{۲۴}\ n.p.e$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

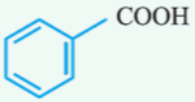
۱) در ساختار پلیمر داده شده، اتم H متصل به N وجود دارد، بنابراین نیروی بین‌مولکولی غالب در این ماده از نوع پیوند هیدروژنی است. توجه داریم که در ساختار پلی‌اتیلن ترفتالات، اتم H متصل به O وجود نداشته و نیروی بین مولکولی غالب در این ماده از نوع وان‌درووالسی است.

۲) ساختار دی‌آمین سازنده پلیمر داده شده به صورت زیر است:



نسبت شمار اتم ها به عناصر در آن برابر با $\frac{۹}{۳} = ۳$ است؛ در حالی که این نسبت در بنزوئیک اسید با فرمول $C_۷H_۶O_۲$ برابر $\frac{۱۵}{۳} = ۵$ است.

بنزوئیک اسید$(C_۷H_۶O_۲)$ با ساختار زیر، ساده‌ترین کربوکسیلیک اسید آروماتیک است که در تمشک و توت فرنگی وجود دارد و همانطور که می‌دانیم، در صنعت از آن به عنوان نگهدارنده استفاده می‌شود. توجه داریم که نگهدارنده‌ها نوعی افزودنی هستند که به مواد خوراکی یا غذاها افزوده شده و سرعت واکنش‌های شیمیایی که منجر به فساد مادهٔ غذایی می‌شوند را کاهش می‌دهند.

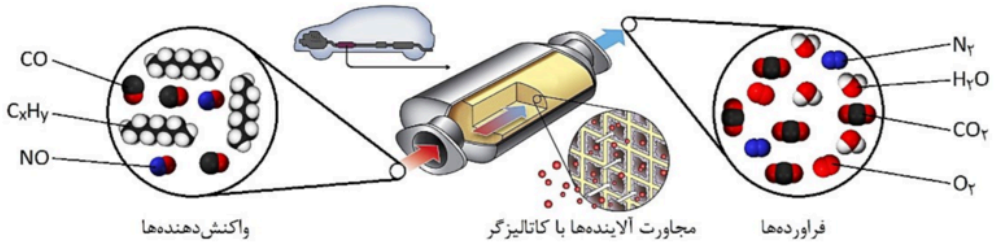


۴) این پلیمر همانند کولار، یک پلی‌آمید است و در ساختار آن، گروه عاملی آمیدی به صورت متوالی تکرار شده است. همانطور که می‌دانیم، سرعت آبکافت پلی‌آمیدها و پلی‌استرها در طبیعت بسیار کند است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۴۸ گازهای کربن مونوکسید، نیتروژن مونوکسید و هیدروکربن‌های نسوخته(C_xH_y)، از جمله آلاینده‌های تولیدشده در موتور خودروها هستند که باعث آلودگی هواکره می‌شوند. با استفاده از مبدل‌های کاتالیستی، می‌توان مقدار این آلاینده‌ها را به طور قابل توجهی کاهش داد. تصویر زیر، کارکرد مبدل‌های کاتالیستی در خودروهای غیردیزلی را نشان می‌دهد:



واکنش‌های انجام شده در این کاتالیزگرها به صورت زیر است:

حذف گاز کربن مونوکسید (CO): $۲CO(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲CO_۲(g)$

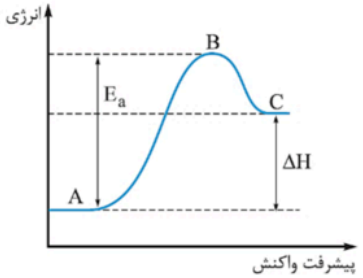
حذف گاز نیتروژن مونوکسید (NO): $۲NO(g) \rightarrow N_۲(g) + O_۲(g)$

حذف هیدروکربن‌های نسوخته: $C_xH_y(g) + (x + \frac{y}{۴})O_۲(g) \rightarrow xCO_۲(g) + (\frac{y}{۲})H_۲O(g)$

در واکنش حذف هیدروکربن‌های نسوخته، ترکیبی با فرمول C_xH_y مصرف شده و گاز کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. ترکیب C_xH_y، نوعی هیدروکربن بوده و میانگین عدد اکسایش اتم‌های کربن در آن حتما منفی است درحالی که در ساختار گاز کربن دی‌اکسید، عدد اکسایش اتم کربن برابر با ۴+ است. در واقع، طی این فرایند عدد اکسایش اتم‌های کربن موجود در ماده اولیه، از یک عدد منفی به ۴+ رسیده است، پس می‌توان گفت عدد اکسایش اتم‌های کربن بیش از ۴ واحد افزایش یافته است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲ تصویر زیر نمودار انرژی-پیشرفت یک واکنش شیمیایی گرماگیر(مثل واکنش تبدیل گاز اکسیژن به گاز اوزون) را نشان می‌دهد:



سطح انرژی فراورده‌های این واکنش از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌های آن بالاتر بوده و برای آغازشدن آن، باید مقداری انرژی به واکنش‌دهنده‌ها داده شود. در واکنش‌های گرماگیر، ذرات شرکت کننده در واکنش مقداری انرژی جذب کرده و سطح انرژی آن‌ها افزایش پیدا می‌کند. مقایسه سطح انرژی گونه‌های مختلف در این واکنش‌ها به صورت مقابل است:

انرژی سطح: واکنش‌دهنده‌ها < فراورده‌ها < گونه‌ی موجود در قله‌ی نمودار

۳ گاز $NO_۲$، اکسید قهوه‌ای رنگ نیتروژن بوده و عامل اصلی رنگ قهوه‌ای هوای آلوده است. با تاریک شدن هوا وکاهش تردد خودروها، تولید گاز $NO_۲$ و همچنین گاز اوزون کمتر شده و در نتیجه غلظت این گازهای آلاینده در هواکره کاهش می‌یابد.

با ورود خودروها به خیابان، گاز NO تولیدشده در موتور خودروها وارد هواکره شده و به همین خاطر، غلظت این گاز در هواکره در حدود ساعت ۷ صبح به بیشترین مقدار خود می‌رسد. با گذشت زمان، گاز NO موجود در هوا با گاز اکسیژن واکنش داده و گاز $NO_۲$ را تولید می‌کند. با انجام‌شدن این واکنش، غلظت گاز NO در هوا کاهش یافته و غلظت گاز $NO_۲$ افزایش پیدا می‌کند؛ تا جایی که غلظت این گاز در حوالی ساعت ۹ صبح به بیشترین مقدار خود می‌رسد. گاز $NO_۲$ تولیدشده هم عمر زیادی نکرده و با شرکت در واکنش $NO_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow NO(g) + O_۳(g)$، موجب تولید گاز اوزون و افزایش غلظت آن در هواکره می‌شود. غلظت گاز اوزون تولیدشده در این فرایند، در حوالی ساعت ۱۰ صبح به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

۴ از طیف سنجی فروسرخ می‌توان برای شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای و برخی آلاینده‌ها در هواکره مانند گازهای CO، NO و $NO_۲$ استفاده کرد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۹ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در دمای ثابت، مقدار ثابت تعادل واکنش‌ها با ایجاد هر تغییری ثابت باقی می‌ماند، اما تغییر غلظت واکنش‌دهنده‌ها موجب جابه‌جایی تعادل شده و درنتیجه بر میزان پیشرفت واکنش تعادلی تاثیرگذار است.

ب: معادله واکنش مورد نظر به صورت زیر است:

$$N_۲(g) + ۳H_۲(g) \rightarrow ۲NH_۳(g) + Q$$

آهن، یکی از کاتالیزگرهای مورد استفاده برای انجام شدن این واکنش است. با قرار دادن این فلز در ظرف واکنش، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت به طور هم‌زمان افزایش پیدا کرده و سامانه سریع‌تر به تعادل می‌رسد، اما باید توجه داشته باشیم که کاتالیزگر تاثیری در درصد پیشرفت واکنش ندارد و فقط زمان رسیدن به تعادل را کوتاه‌تر می‌کند.

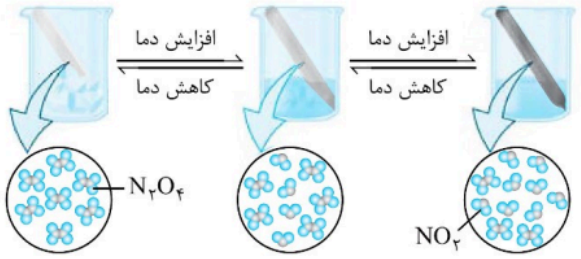
پ: واکنش کلی مربوط به فرایند هابر، گرماده بوده و با کاهش دما، در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. بر این اساس، می‌توان گفت ثابت تعادل این واکنش در دمای ۳۰۰ کلوین(معادل با دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد)، بیشتر از ثابت تعادل آن در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد(شرایط بهینه برای انجام فرایند هابر) است. در واقع، آقای فریتس هابر واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن را بارها و بارها در شرایط گوناگون انجام داد تا سرانجام موفق به یافتن شرایط بهینه انجام‌شدن این واکنش شد. واکنش انجام‌شده توسط هابر به صورت زیر است:

$$N_۲(g) + ۳H_۲(g) \rightleftharpoons Q + ۲NH_۳(g) \quad (۲۰۰\ atm \text{ و } ۴۵۰\ ^\circ C \text{ و } Fe(s))$$

همانطور که مشخص است، شرایط بهینه برای انجام شدن این فرایند، شامل دمای $۴۵۰^\circ C$(معادل با ۷۲۳ کلوین)، فشار $۲۰۰ atm$ و فلز آهن به عنوان کاتالیزگر مناسب می‌شود. در چنین شرایطی، ۲۸ درصد مولی از مخلوط واکنش را آمونیاک تشکیل می‌دهد.

ت: با افزودن گاز $N_۲O_۴$ به سامانه تعادلی $۲NO_۲(g) \rightleftharpoons N_۲O_۴(g) + Q$، واکنش در جهت برگشت(در جهتی که منجر به مصرف گاز $N_۲O_۴$ می‌شود) به پیش رانده می‌شود. با انجام شدن واکنش برگشت، غلظت گاز قهوه‌ای رنگ $NO_۲$ به تدریج افزایش یافته و رنگ مخلوط مورد نظر تیره‌تر می‌شود. با افزایش دمای مخلوط واکنش نیز تعادل در جهت مصرف گرما(در جهت برگشت) جابه‌جا شده و غلظت گاز $NO_۲$ به تدریج افزایش یافته و رنگ مخلوط مورد نظر تیره‌تر می‌شود.

تصویر زیر، نمایی از فرایند انجام شدن این واکنش را نشان می‌دهد:



(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۵۰ واکنش انجام شده در مبدل کاتالیستی به صورت زیر است:

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

در صورت استفاده از مبدل کاتالیستی، در هر کیلومتر $۵/۶ = ۰/۶۱ - ۶/۲۱$ گرم گاز CO مطابق واکنش بالا به گاز CO_2 تبدیل می‌شود. ابتدا حساب می‌کنیم به ازای طی یک کیلومتر چند مول گاز CO تبدیل می‌شود:

$$\text{در هر کیلومتر}: ?\,mol\,CO = ۵/۶\,g\,CO \times \frac{۱\,mol\,CO}{۲۸\,g\,CO} = ۰/۲\,mol\,CO$$

با توجه به سرعت متوسط خودرو، این خودرو به ازای یک ساعت ۱۰۸ کیلومتر مسافت طی می‌کند و در رابطه با این مدت زمانی داریم:

$$\text{در یک ساعت}: ?\,L\,CO_2 = ۱۰۸\,km \times \frac{۰/۲\,mol\,CO}{۱\,km} \times \frac{۲\,mol\,CO_2}{۲\,mol\,CO} \times \frac{۳۰\,L\,CO_2}{۱\,mol\,CO_2} = ۱۰۸ \times ۶\,L$$

در نهایت سرعت متوسط تولید گاز CO_2 را حساب می‌کنیم:

$$\text{سرعت متوسط تولید } CO_2 = \frac{\text{لیتر گاز } CO_2}{\text{زمان (دقیقه)}} = \frac{۱۰۸ \times ۶\,L}{۶۰\,min \times \frac{۶۰\,s}{۱\,min}} = ۰/۱۸\,L.s^{-1}$$

از کاتالیزگرها در واکنش‌های بسیاری استفاده می‌شود. به عنوان مثال، با استفاده از کاتالیزگرها در مبدل‌های کاتالیستی، می‌توانیم برای کاهش یا حذف آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها استفاده کنیم. این کاتالیزگرها به دو صورت متفاوت در خودروهای بنزینی و خودروهای دیزلی استفاده می‌شوند. شیمی‌دان‌ها با قراردادن کاتالیزگرهای مناسب بر سر راه گازهای خروجی از موتور خودروها، توانستند واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌های تولیدشده در موتور خودروها را با سرعت بالاتری به انجام برسانند و با این روش، مقدار زیادی از گازهای آلاینده را به فراورده‌های بی‌خطر یا کم‌خطر تبدیل کنند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۵۱ توجه داریم که ثابت تعادل واکنش فرضی $aA(aq) + bB(g) + cC(s) \rightleftharpoons dD(l) + eE(aq)$، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{[E]^e}{[A]^a.[B]^b}$$

حالت فیزیکی همه مواد شرکت‌کننده در واکنش مورد نظر گاز است؛ بنابراین ثابت تعادل واکنش داده شده به صورت $\frac{[Z]^2}{[Y].[X]^2}$ محاسبه می‌شود. اگر فرض کنیم از ابتدای واکنش تا زمان برقراری تعادل x مول از گونه Y مصرف شده است، در طول این بازه زمانی مقدار $2x$ مول از عنصر X نیز مصرف شده و مقدار $2x$ مول از Z نیز تولید شده است. مقدار اولیه واکنش‌دهنده‌ها برابر با ۵ مول بوده و حجم ظرف واکنش نیز برابر با ۲ لیتر است. بنابراین غلظت مولی گونه‌های $X(g)$، $Y(g)$ و $Z(g)$ به ترتیب برابر با $\frac{۵-2x}{2}$، $\frac{۵-x}{2}$ و $\frac{2x}{2}$ خواهد شد.

بر این اساس، داریم:

$$\text{غلظت فراورده} = \text{مجموع غلظت واکنش‌دهنده‌ها} \Rightarrow \frac{۵-2x}{2} + \frac{۵-x}{2} = \frac{2x}{2} \Rightarrow x = ۲$$

بنابراین غلظت تعادلی گونه‌های $X(g)$، $Y(g)$ و $Z(g)$ به ترتیب برابر با ۰/۵، ۱/۵ و ۲ مول بر لیتر است. در نهایت ثابت تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[Z]^2}{[Y].[X]^2} \Rightarrow \frac{(2)^2}{\frac{3}{2} \times (\frac{1}{2})^2} = \frac{32}{3} L.mol^{-1}$$

با توجه به محاسبات انجام شده، ثابت تعادل این واکنش برابر با $\frac{32}{3}$ لیتر بر مول می‌شود.

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

Δn = تعداد مول‌های گازی و محلول در سمت راست واکنش - تعداد مول‌های گازی و محلول در سمت چپ واکنش

یکای K واکنش $= (mol.L^{-1})^{\Delta n}$

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

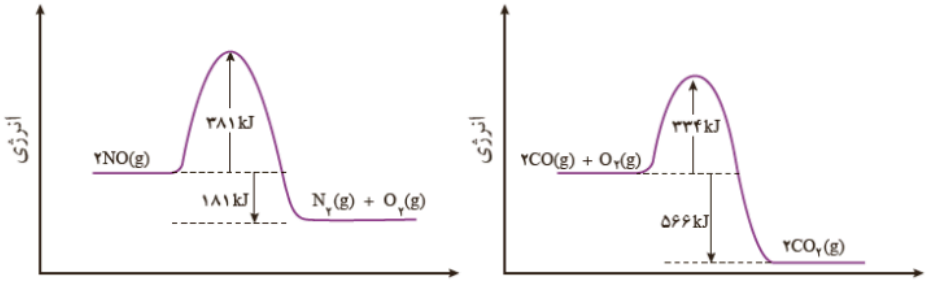
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۵۲ عبارت‌های (آ)، (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: با توجه به نمودارهای زیر، مقدار انرژی فعال‌سازی (E_a) واکنش تبدیل گاز NO به N_2 بزرگ‌تر و مقدار قدرمطلق آنتالپی این واکنش نیز نسبت به واکنش تبدیل CO به CO_2 کوچک‌تر است. بر این اساس، می‌توان گفت نسبت $\frac{E_a}{|\Delta H|}$ برای تبدیل NO به N_2 بزرگتر خواهد بود. در رابطه با این دو واکنش داریم:



دقت کنید که مقایسه مقدار انرژی فعال‌سازی این دو واکنش، از جمله مواردی است که تا به حال در کنکور سراسری از آن سوال طرح شده است!!

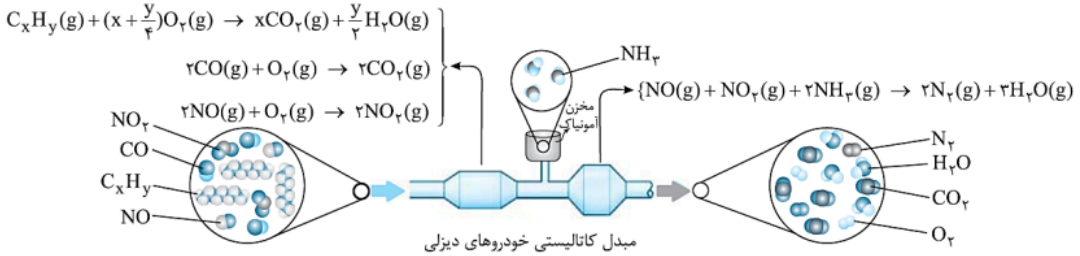
ب: مبدل‌های کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کنند اما پس از مدت معینی، مواد موجود در آن‌ها با برخی از آلاینده‌های موجود در سوخت‌ها واکنش داده و طی این فرایند، کارایی آن‌ها کاهش یافته و دیگر قابل استفاده نیستند.

پ: پلاتین (Pt)، همانند طلا یک فلز نجیب است که حتی در محیط‌های اسیدی هم اکسایش نمی‌یابد. این فلز به همراه فلزهای رودیم (Rh) و پالادیم (Pd) در سطح سرامیک‌های درون مبدل کاتالیستی به صورت توده‌هایی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر استفاده می‌شود.

ت: در مبدل کاتالیستی به کار رفته در خودروهای دیزلی، با ورود آمونیاک و انجام واکنش زیر، آلاینده‌های NO و NO_2 به گاز N_2 تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود این دو اکسید نیتروژن به هواکره جلوگیری می‌شود. توجه داریم که این واکنش، یک واکنش اکسایش-کاهش است و آمونیاک در آن نقش کاهنده را ایفا می‌کند. در این واکنش، عدد اکسایش اتم نیتروژن از ۳- در NH_3 به صفر در N_2 افزایش پیدا می‌کند.

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

تصویر زیر، نمایی از مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی را نشان می‌دهد:



(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۵۳ از آن‌جا که درصد حجمی گازهای CO و H_2O در مخلوط اولیه با هم برابر است، پس تعداد مول اولیه این دو گاز را برابر n در نظر می‌گیریم. بنابراین داریم:

$$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$$

n	n	۰	۰	در آغاز واکنش:
$n-x$	$n-x$	x	x	در لحظهٔ تعادل:

در حالت تعادل، $\frac{22}{44} = 0/5$ مول اکسید اسیدی CO_2 در تعادل وجود دارد. مقدار گاز هیدروژن تولید شده نیز با مقدار گاز کربن دی‌اکسید تولید شده برابر است. بنابراین داریم:

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{n_{CO_2} \times n_{H_2}}{n_{CO} \times n_{H_2O}} = \frac{(0/5)^2}{(n-0/5)^2} = 6/25 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow (n-0/5)^2 = \frac{25 \times 10^{-2}}{6/25 \times 10^{-2}} = 4 \rightarrow n - 0/5 = 2 \rightarrow n = 2/5\, mol$$

بنابراین در حالت تعادل، ۰/۵ مول از هر یک از گازهای CO_2 و H_2 و ۲ مول از هر یک از گازهای CO و H_2O وجود دارد و درصد جرمی بخار آب در تعادل برابر خواهد بود با:

$$\text{درصد جرمی بخار آب} = \frac{(2 \times 18)}{(2 \times 18) + (2 \times 28) + (0/5 \times 44) + (0/5 \times 2)} \times 100 = \frac{3600}{36 + 56 + 22 + 1} \simeq 31/3 \text{ درصد}$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۵۴ طبق فرض سوال، اتانول در شرایط مناسب با گاز اکسیژن واکنش داده و ضمن اکسید شدن، استیک اسید به همراه آب را تولید می‌کند.

معادله واکنش انجام شده در این فرایند به صورت زیر است:

$$C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{4e} CH_3COOH + H_2O$$

در این واکنش، عدد اکسایش یک اتم کربن در مولکول اتانول از ۱- به ۳+ در مولکول استیک اسید رسیده و دو اتم اکسیژن نیز کاهش یافته و عدد اکسایش آن‌ها از صفر به ۲- رسیده است، پس می‌توان گفت در این واکنش ۴ الکترون مبادله شده است. بر این اساس، داریم:

$$?\,e^- \text{ تعداد} = 90\ g\ CH_3COOH \times \frac{1\ mol\ CH_3COOH}{60\ g\ CH_3COOH} \times \frac{4\ mol\ e^-}{1\ mol\ CH_3COOH} \times \frac{\text{تعداد } e^-}{6/02 \times 10^{23}\ e^-} = 3/612 \times 10^{24}\ e^-$$

هر مول استیک اسید، با یک مول ۱-بوتانول(C_4H_9OH) واکنش داده و بوتیل اتانوات را ایجاد می‌کند. بر این اساس، داریم:

$$?\,g\ C_4H_9OH = 90\ g\ CH_3COOH \times \frac{1\ mol\ CH_3COOH}{60\ g\ CH_3COOH} \times \frac{1\ mol\ C_4H_9OH}{1\ mol\ CH_3COOH} \times \frac{74\ g\ C_4H_9OH}{1\ mol\ C_4H_9OH} = 111\ g$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۵۵ معادله موازنه‌شده واکنش انجام‌شده به‌صورت زیر است:

$$2A(g) + X(g) \rightleftharpoons 3D(g)$$

فرض می‌کنیم در ابتدا y مول از هرکدام از گازهای A و X در ظرف واکنش حضور دارند و تا لحظه رسیدن به تعادل، z مول از گاز X مصرف شود. در این صورت باتوجه به ضرایب استوکیومتری، $2z$ مول از گاز A نیز مصرف شده و $3z$ مول از گاز D تولید می‌شود. بنابرین مول تعادلی گازهای A ، X و D به ترتیب برابر $y-2z$ ، $y-z$ و $3z$ خواهد شد. جدول زیر مول اولیه، تغییر مول و مول تعادلی هرکدام از گازها را نشان می‌دهد:

گاز	A	X	D
مول اولیه	y	y	۰
تغییر مول	$-2z$	$-z$	$+3z$
مول تعادلی	$y-2z$	$y-z$	$3z$

طبق گفته صورت سوال، مول تعادلی گازهای A و D برابر است. پس داریم: $y-2z=3z \Rightarrow y=5z$

باتوجه به محاسبات انجام‌شده، مول تعادلی گازهای A، X و D به ترتیب برابر $3z$، $4z$ و $3z$ خواهد شد. مجموع ضرایب مواد گازی در دو سمت واکنش با یکدیگر برابر است، بنابرین می‌توانیم بجای استفاده از غلظت مواد در فرمول ثابت تعادل، مول تعادلی آن‌ها را جایگذاری کنیم:

$$K = \frac{D^3}{A^2 \times X} = \frac{(3z)^3}{(3z)^2 \times 4z} = \frac{3}{4} \text{یا} 0/75$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۵۶ در رابطه با کاتالیزگرها، داریم:



انرژی فعال‌سازی واکنش در مسیر A بیشتر است، پس برای انجام آن باید گرمای بیشتری تامین کنیم. یکی از راه‌های تامین کردن انرژی فعال‌سازی واکنش‌های شیمیایی، افزایش دمای نمونه است. همانطور که اشاره شد، استفاده از کاتالیزگر، آنتالپی واکنش را تغییر نمی‌دهد و بنابرین مقدار گرمای مصرف یا آزادشده، تغییری نخواهد کرد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) معادله موازنه‌شده واکنش انجام‌شده به‌صورت زیر است:

$$X(g) + ۲Y(g) \longrightarrow M(g) \quad \Delta H = -۲۴۰ kJ$$

حال مقدار انرژی مبادله‌شده به ازای مصرف ۱۱/۲ لیتر از گاز Y در شرایط استاندارد را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kJ = ۱۱/۲\,L\,Y \times \frac{۱\,mol\,Y}{۲۲/۴\,L\,Y} \times \frac{۲۴۰\,kJ}{۲\,mol\,Y} = ۶۰\,kJ$$

توجه داریم که واکنش گرماده بوده و طی آن، ۶۰ کیلوژول انرژی آزاد می‌شود.

۲) در مسیر B انرژی فعال‌سازی واکنش نسبت به مسیر A کمتر است. پس مسیر B مربوط به استفاده از کاتالیزگر برای انجام واکنش است. با استفاده از کاتالیزگر، سرعت تولید فراورده واکنش(M) افزایش پیدا می‌کند.

۴) در واکنش‌های گرماده، مواد واکنش‌دهنده مقداری از انرژی خود را به محیط داده و فراورده‌هایی با انرژی کمتر و پایداری بیشتر تولید می‌کنند. از طرفی، در واکنش‌های گرماگیر، مواد واکنش‌دهنده مقداری انرژی از محیط گرفته و فراورده‌هایی با انرژی بیشتر و پایداری کمتر تولید می‌کنند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۵۷ طبق اصل لوشاتلیه، اگر عاملی باعث به هم خوردن یک واکنش تعادلی شود، تعادل در جهتی پیش می‌رود که تا جای ممکن اثر آن تغییر را جبران کند. با اضافه کردن یک واکنش‌دهنده($PCl_۳$) و خارج کردن یک فراورده($PCl_۵$)، واکنش به سمت رفت، یعنی در جهت مصرف واکنش‌دهنده(ها) و تولید فراورده(ها) پیش می‌رود. پس می‌توان گفت مول گاز کلر نسبت به حالت اولیه آن کاهش پیدا کرده و در تعادل جدید برقرار شده، نمی‌تواند معادل با ۲/۶ یا ۳/۲ مول شود. بنابرین بدون حل سوال، می‌توانیم گزینه‌های ۱ و ۳ را حذف کنیم. توجه داریم که در دمای یکسان، ثابت تعادل یک واکنش تعادلی ثابت است. در مرحله اول، ثابت تعادل واکنش را محاسبه می‌کنیم. توجه داریم که حجم ظرف ۱ لیتر بوده و مقدار عددی مول هر گاز برابر با غلظت مولی آن است. بر این اساس، داریم:

$$K = \frac{[PCl_۵]}{[PCl_۳] \times [Cl_۲]} = \frac{۲/۵}{۲/۵ \times ۲/۵} = ۰/۴\,L.mol^{-۱}$$

با خارج کردن ۱ مول از $PCl_۵$، مول آن به ۱/۵ می‌رسد. همچنین با اضافه کردن ۰/۵ مول $PCl_۳$ به مخلوط گازی، مول آن به ۳ مول می‌رسد. همانطور که اشاره شد، واکنش به سمت رفت پیش می‌رود تا تعادل مجددا برقرار شود. با مصرف x مول از گاز $PCl_۳$، مقدار x مول از گاز $Cl_۲$ نیز مصرف شده و x مول از گاز $PCl_۵$ تولید می‌شود. با این تغییرات مول تعادلی گونه‌های $PCl_۳$، $Cl_۲$ و $PCl_۵$ به‌ترتیب برابر با $(۳-x)$، $(۲/۵-x)$ و $(۱/۵+x)$ مول خواهد بود. حال با استفاده از ثابت تعادل واکنش، مقدار x را بدست می‌آوریم:

$$K = \frac{[PCl_۵]}{[PCl_۳] \times [Cl_۲]} = \frac{۱/۵ + x}{(۳-x) \times (۲/۵-x)} = ۰/۴ \Longrightarrow x = ۰/۵$$

باتوجه به محاسبات انجام‌شده، مقدار تعادلی گاز کلر به ۲ مول(۰/۵+۲/۵) می‌رسد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۵۸ معادله موازنه‌شده واکنش‌های انجام‌شده به‌صورت زیر است:

$$I)\ 4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(l) + 1500\,kJ$$
$$II)\ CH_4(g) + 2H_2S(g) + 120\,kJ \rightarrow CS_2(g) + 4H_2(g)$$

عبارت‌های (آ) و (ب) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در واکنش‌های گرماگیر، اندازه انرژی فعال‌سازی بزرگ‌تر از آنتالپی واکنش است؛ در حالی که در واکنش‌های گرماده، اندازه انرژی فعال‌سازی می‌تواند بزرگ‌تر، مساوی یا کوچک‌تر از اندازه آنتالپی واکنش باشد. در واکنش (۲)، نماد Q در سمت واکنش‌دهنده‌ها قرار دارد و این به معنای گرماگیر بودن واکنش است.

ب: عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن از صفر در گاز اکسیژن(O_2) به ۲- در بخار آب(H_2O) تغییر پیدا می‌کند؛ پس می‌توان گفت گاز اکسیژن در این واکنش، گونه اکسنده است. از طرفی عدد اکسایش اتم‌های نیتروژن از ۳- در آمونیاک(NH_3)، به صفر در گاز نیتروژن(N_2) می‌رسد، پس می‌توان گفت آمونیاک در این واکنش گونه کاهنده است.

پ: معادله واکنش دوم به صورت زیر است:

$$4NH_3(g) + 3O_2(g) \xrightarrow{12e} 2N_2(g) + 6H_2O(l)$$

به ازای تولید هر واحد از بخارآب(فراورده قطبی واکنش(۱))، ۲ الکترون مبادله می‌شود. بنابرین با تولید ۲ مول بخارآب، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود.

ت: در واکنش (۲)، عدد اکسایش اتم‌های هیدروژن از ۱+ در ترکیب‌های H_2S و CH_4، به صفر در گاز هیدروژن می‌رسد. در سوختن کامل هیدوکربن‌ها که معادله موازنه‌شده آن به‌صورت زیر است، عدد اکسایش اتم‌های هیدروژن، در همه ترکیب‌ها برابر ۱+ است. در واقع، در واکنش سوختن هیدروکربن‌ها، اتم‌های هیدروژن نه اکسید شده و نه کاهش می‌یابند.

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

ث: واکنش‌دهنده ناقطبی معادله (۱) و (۲) به‌ترتیب معادل گاز اکسیژن و متان است. فرض می‌کنیم ۳ مول از هرکدام از این گازها مصرف شده‌است و مقدار گرمای مبادله شده را بدست می‌آوریم:

$$?\,kJ = 3\,mol\,O_2 \times \frac{1500\,kJ}{3\,mol\,O_2} = 1500\,kJ$$
$$?\,kJ = 3\,mol\,CH_4 \times \frac{120}{1\,mol\,CH_4} = 360\,kJ$$

با مصرف ۳ مول واکنش‌دهنده ناقطبی در واکنش (۱)، ۱۵۰۰ کیلوژول انرژی آزاد می‌شود. در واکنش (۲) به ازای مصرف ۳ مول واکنش‌دهنده ناقطبی، ۳۶۰ کیلوژول انرژی مصرف می‌شود؛ پس می‌توان گفت به‌طور کلی ۱۱۴۰ کیلوژول(۳۶۰-۱۵۰۰) انرژی تولید می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۵۹ باتوجه به نمودار، با افزایش دما، واکنش تعادلی به سمت برگشت یعنی مصرف فراورده‌ها و تولید واکنش‌دهنده‌ها پیش می‌رود. از طرفی، می‌دانیم که با افزایش دما، همه واکنش‌های تعادلی به سمت مصرف گرما پیش می‌روند. پس در این واکنش، Q در سمت فراورده‌ها قرار داشته و واکنش گرماده است. معادله این واکنش به صورت زیر است:

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

با افزودن گاز B به مخلوط، واکنش به سمت مصرف B یعنی واکنش برگشت پیش می‌رود و طی آن مقداری گرما مصرف می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) واکنش $A(s) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$ گرماده است. از طرفی واکنش تولید آمونیاک از عناصر سازنده نیز گرماده است.

۲) با افزایش فشار در یک سامانه گازی، تعادل به سمتی پیش می‌رود که شمار مول مواد گازی کاهش پیدا کند. در این واکنش، با افزایش فشار، واکنش به سمت برگشت پیش رفته و غلظت واکنش‌دهنده افزایش پیدا می‌کند. طبق نمودار، غلظت واکنش‌دهنده در فشار P_2، بیشتر از P_1 است. بنابرین فشار P_2 از فشار P_1 بیشتر است.

۳) با کاهش دمای سامانه، واکنش در جهت تولید گرما یعنی جهت رفت پیش می‌رود تا بتواند دما را به حالت اولیه باز گرداند. در فرمول ثابت تعادل، غلظت فراورده‌ها در صورت کسر و غلظت واکنش‌دهنده‌ها در مخرج کسر قرار دارد؛ بنابرین با افزایش غلظت فراورده‌ها و کاهش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، مقدار ثابت تعادل افزایش پیدا می‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۶۰ شیمیدان‌ها برای بررسی میزان پیشرفت واکنش‌های تعادلی، از کمیت ثابت تعادل استفاده می‌کنند. برای یک واکنش، در یک دمای معین، نسبت حاصل‌ضرب غلظت تعادلی فراورده‌های گازی یا محلول، هر یک به توان ضریب استوکیومتری آن‌ها به حاصل‌ضرب غلظت تعادلی واکنش‌دهنده‌های گازی یا محلول، هر یک به توان ضریب آن‌ها، مقدار ثابتی است که به آن ثابت تعادل(K) گفته می‌شود. معادله واکنش تعادلی بین گاز هیدروژن و بخار ید به‌صورت زیر است:

$$I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)\ ,K = 0/5$$

مقدار ۳۲ گرم از گاز هیدروژن یدید، معادل ۰/۲۵ مول از آن است. باتوجه به حجم ظرف(۵ لیتر)، غلظت گاز هیدروژن یدید برابر ۰/۰۵ مولار($\frac{0/25}{5}$) است. در حالت تعادل، ۰/۵ مول بخار ید نیز در مخلوط گازی حضور دارد و غلظت مولی آن برابر ۰/۱ مولار($\frac{0/5}{5}$) است. حال با استفاده از فرمول ثابت تعادل، غلظت گاز هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[HI]^2}{[I_2] \times [H_2]} \Rightarrow 0/5 = \frac{(0/05)^2}{0/1 \times [H_2]} \Rightarrow [H_2] = 0/05\ mol.L^{-1}$$

معادله موازنه شده واکنش گاز اتان و هیدروژن به‌صورت زیر است:

$$C_2H_6(g) + H_2(g) \rightarrow 2CH_4(g)$$

در مرحله بعد، جرم متان تولید شده در واکنش دوم را بدست می‌آوریم:

$$?\ g\ CH_4 = 5\ L\ \text{مخلوط گازی} \times \frac{0/05\ mol\ H_2}{1\ L\ \text{مخلوط گازی}} \times \frac{2\ mol\ CH_4}{1\ mol\ H_2} \times \frac{16\ g\ CH_4}{1\ mol\ CH_4} \times \frac{50g\ \text{مقدار عملی}}{100g\ \text{مقدار نظری}} = 4\ g$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۶۱ واکنش B، یک واکنش گرماده بوده و در واکنش‌های گرماده، سطح انرژی مواد کاهش پیدا می‌کند. در این واکنش‌ها، فراورده‌های تولید شده نسبت به واکنش‌دهنده‌ها پایدارتر هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) در واکنش‌های گرماگیر، مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش قطعا از مقدار تغییر آنتالپی واکنش بیشتر است. در واکنش A، مقدار انرژی فعال‌سازی برابر با ۶۰ کیلوژول است، پس تغییر آنتالپی این واکنش قطعا باید کمتر از ۶۰ کیلوژول باشد.

۲) چون واکنش B انرژی فعال‌سازی کمتری دارد، در شرایط یکسان در مقایسه با واکنش دیگر با سرعت بیشتری انجام می‌شود.

۳) مستقل از اینکه یک واکنش گرماده یا گرماگیر باشد و مقدار ΔH آن چقدر باشد، با افزایش دما، سرعت آن واکنش افزایش پیدا خواهد کرد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۶۲ در واکنش $N_2(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) + Q$، با خارج کردن مقداری گاز اکسیژن(واکنش‌دهنده واکنش) از ظرف، واکنش در جهت تولید این ماده(در جهت برگشت) به پیش رفته و گاز نیتروژن نیز در محفظه واکنش تولید می‌شود. بر این اساس، می‌توان گفت در تعادل جدید برقرار شده مقدار گاز نیتروژن بیشتر از تعادل اولیه و مقدار گاز NO_2 نیز کمتر از تعادل اولیه خواهد بود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) با افزایش حجم ظرف واکنش، تعادل در جهت تعداد مول‌های گازی بیشتر(در جهت برگشت) به پیش می‌رود تا فشار گازهای موجود در ظرف واکنش افزایش پیدا کند. البته، می‌دانیم که جابه‌جایی تعادل مورد نظر نمی‌تواند به طور کامل اثر تغییر اعمال شده را خنثی کند. هرچند که در تعادل جدید برقرار شده مقدار گازهای اکسیژن و نیتروژن بیشتر از تعادل اولیه است، اما با توجه به افزایش حجم ظرف و اینکه جابه‌جایی تعادل مورد نظر نمی‌تواند به طور کامل اثر تغییر اعمال شده را خنثی کند، غلظت این گازها در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه خواهد بود.

۳) چون تعادل مورد نظر گرماده است، با کاهش دمای ظرف واکنش، تعادل در جهت رفت(در جهت تولید گرما) جابه‌جا شده و تعداد مول‌های گازی موجود در ظرف کاهش پیدا می‌کند؛ پس می‌توان گفت در چنین شرایطی فشار گازهای موجود در ظرف کاهش می‌یابد.

۴) با افزودن گاز نیتروژن به ظرف واکنش، تعادل در جهت مصرف این گاز به پیش می‌رود، اما چون تعادل نمی‌تواند اثر تغییر اعمال شده را به طور کامل جبران کند، پس مقدار گاز نیتروژن در تعادل جدید برقرار شده بیشتر از تعادل اولیه خواهد بود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۶۳ فقط عبارت (ت) نادرست است.

بررسی موارد:

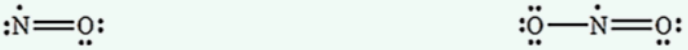
آ: در ساعت ۷ صبح، غلظت ppm گاز NO در مقایسه با گاز NO_2 کمی بیشتر بوده و از طرفی، جرم مولی این گاز نیز در مقایسه با جرم مولی گاز NO_2 کمتر است. به عبارتی، می‌توان گفت در این حالت جرم گاز NO موجود در هواکره بیشتر از گاز NO_2 بوده و با توجه به جرم مولی کمتر این گاز در مقایسه با گاز NO_2، قطعا شمار مولکول‌های نیتروژن مونوکسید موجود در هوا بیشتر از نیتروژن دی‌اکسید خواهد بود.

گاز NO یکی از آلاینده‌های موجود در هوا است که براساس معادله $O_2(g) + N_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ از واکنش میان گازهای اکسیژن و نیتروژن تولید می‌شود. این واکنش، انرژی فعال‌سازی بالایی داشته و به همین خاطر، گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، به طور معمول با گاز اکسیژن وارد واکنش نمی‌شود. شرایط مورد نیاز برای انجام‌شدن واکنش میان گازهای اکسیژن و نیتروژن، فقط در دماهای بسیار بالا(مثل شرایط موجود در موتور خودروها و شرایط ایجادشده به هنگام رعدوبرق) فراهم می‌شود.

ب: در بازه زمانی ساعت ۶ تا ۸ صبح، غلظت گاز NO_2 از ۰/۰۴ به ۰/۱۳ رسیده در حالی که در طول همین بازه زمانی، غلظت گاز اوزون از ۰/۰۱ به حدود ۰/۰۲۵ رسیده است. با توجه به اینکه میزان تغییر غلظت گاز NO_2 در مقایسه با اوزون بیشتر است، پس می‌توان گفت سرعت متوسط تغییر غلظت گاز NO_2 در مقایسه با گاز اوزون بیشتر خواهد بود.

پ: با توجه به نمودار، در طول شب، مجموع غلظت گونه‌های رادیکال(گازهای نیتروژن مونوکسید و نیتروژن دی‌اکسید) در هوای شهر بیشتر از غلظت گاز اوزون در آن است.

رادیکال، گونه فعال و ناپایداری است که برخی از اتم‌های موجود در ساختار آن الکترون جفت نشده دارند. در واقع، رادیکال‌ها محتوی اتم‌هایی هستند که از قاعده هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند. به عنوان مثال، به ساختار مولکول‌های نیتروژن مونوکسید(NO) و نیتروژن دی‌اکسید(NO_2) دقت کنید:



همانطور که مشخص است، اتم‌های نیتروژن موجود در این ترکیب‌ها دارای یک الکترون جفت نشده هستند؛ پس این ترکیب‌ها رادیکال محسوب می‌شوند. همانطور که می‌دانیم، گازهای کربن مونوکسید و نیتروژن مونوکسید، در دسته گازها و مواد خارج‌شده از اگزوز خودروها هستند که آلایندگی زیادی دارند. این گازها را بر اساس معادله کلی زیر، با هم واکنش می‌دهند تا از آلایندگی آن‌ها کاسته شود:

$$2NO(g) + 2CO(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + N_2(g)$$

طی این فرایند، گازهای واکنش‌دهنده به فراورده‌هایی با آلایندگی کمتر و پایدارتر تبدیل می‌شوند. بر این اساس، می‌توان گفت فراورده‌های این واکنش آلایندگی کمتری نسبت به واکنش‌دهنده‌ها دارند؛ اما این مواد نیز همچنان جزو آلاینده‌ها هستند. یکی از این فراورده‌ها گاز کربن دی‌اکسید است که از گازهای گلخانه‌ای بوده و بر گرمایش زمین اثر دارد.

ت: رنگ قهوه‌ای هوای آلوده بخاطر گاز NO_2 ایجاد می‌شود. با توجه به نمودار، غلظت گاز NO_2 در طول بازه زمانی داده شده همواره روند کاهشی نداشته و گاهی افزایش پیدا می‌کند. بر این اساس، می‌توان گفت در طول بازه زمانی ساعت ۱۰ صبح تا ۱۰ شب، شدت رنگ قهوه‌ای هواکره گاهی در حال کاهش یافتن و گاهی در حال افزایش یافتن است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۶۴ امواج رادیویی از جمله پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج بلند هستند. امواج رادیویی، همانند سایر پرتوهای الکترومغناطیسی، با مولکول‌ها و گروه‌های عاملی موجود در آن‌ها برهمکنش خواهند داشت. در واقع مولکول‌ها طول موج‌های خاصی از این پرتوها را جذب کرده و طول موج‌های خاصی از آن‌ها را نیز بازتاب می‌کنند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) با استفاده از طیف‌سنجی فروسرخ، می‌توان غلظت برخی از آلاینده‌های موجود در هوای شهرها مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن را محاسبه کرد. علاوه بر این، از طیف‌سنجی فروسرخ برای شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای نیز استفاده می‌شود.

۳) اگر در یک اتاق تاریک، امواج الکترومغناطیسی بنفش‌رنگ که طول موج آن‌ها حدودا برابر با $400\,nm$ است را به یک جسم سفید بتابانیم، آن جسم کل این پرتوها را به سمت چشم بیننده بازتاب کرده و بر این اساس، جسم مورد نظر به رنگ بنفش دیده می‌شود.

۴) از طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی از مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای استفاده کرد. افزون بر طیف‌سنجی فروسرخ، می‌توان از برهم‌کنش پرتوهای فرابنفش، نور مرئی و امواج رادیویی نیز برای شناسایی مواد گوناگون بهره برد. دستگاه ام.آر.آی، نمونه‌ای از کاربرد طیف‌سنجی در علم پزشکی است. توجه داریم که از گاز هلیم، افزون بر پرکردن بالن‌های هواشناسی، تفریحی، تبلیغاتی و کپسول غواصی، در جوشکاری نیز استفاده می‌شود. مهم تر از همه، چون این ماده ظرفیت گرمایی بالایی دارد، از آن برای خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI استفاده می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۶۵ واکنش انجام شده در مبدل کاتالیستی به صورت مقابل است:

$$۲NO(g) \rightarrow N_۲(g) + O_۲(g)$$

انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها را می‌توان با گرمادادن به مخلوط واکنش‌دهنده‌ها تأمین کرد و یا با استفاده از کاتالیزگرهای مناسب، مقدار آن را کاهش داد. در این شرایط، واکنش‌های موردنظر با سرعت دلخواه انجام می‌شوند. از کاتالیزگرها در واکنش‌های بسیاری استفاده می‌شود. به عنوان مثال، با استفاده از کاتالیزگرها در مبدل‌های کاتالیستی، می‌توانیم برای کاهش یا حذف آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها استفاده کنیم. گازهای کربن مونوکسید، نیتروژن مونوکسید، نیتروژن مونوکسید و هیدروکربن‌های نسوخته از جمله آلاینده‌های تولیدشده در موتور خودروها هستند که باعث آلودگی هواکره می‌شوند. با استفاده از مبدل‌های کاتالیستی، می‌توان مقدار این آلاینده‌ها را در گازهای خروجی از اگزوز خودروها کاهش داد. کاتالیزگرهای موجود در مبدل‌های کاتالیستی، بارها و بارها در واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌ها شرکت می‌کنند و مصرف نمی‌شوند؛ اما این کاتالیزگرها گاهی با برخی از مواد افزودنی موجود در سوخت‌ها وارد واکنش شده و کارایی خود را از دست می‌دهند. در این شرایط، کارایی مبدل کاتالیستی کاهش پیدا کرده و این مبدل دیگر قابل استفاده نیست.

در صورت استفاده از مبدل کاتالیستی، در هر کیلومتر $۱ - ۰/۰۴ = ۱/۰۴$ گرم گاز NO طبق واکنش بالا به گازهای $N_۲$ و $O_۲$ تبدیل می‌شود. ابتدا حساب می‌کنیم به ازای طی یک کیلومتر مسافت، چند مول $N_۲$ تولید می‌شود:

$$\text{در هر کیلومتر}: ?\,mol\,N_۲ = ۱\,g\,NO \times \frac{۱\,mol\,NO}{۳۰\,g\,NO} \times \frac{۱\,mol\,N_۲}{۲\,mol\,NO} = \frac{۱}{۶۰}\,mol\,N_۲$$

در قدم بعد، میزان تولید گاز نیتروژن را بر حسب مول در هر ساعت محاسبه می‌کنیم:

$$\text{در یک ساعت}: ?\,mol\,N_۲ = ۱h \times \frac{۶۰min}{۱h} \times \frac{۰/۳۳۶\,L\,N_۲}{۱\,min} \times \frac{۱\,mol\,N_۲}{۲۲/۴\,L\,N_۲} = ۰/۹\,mol$$

برای محاسبهٔ سرعت این خودرو باید حساب کنیم تعداد مول نیتروژن تولید شده در یک ساعت به ازای طی مسافت چند کیلومتری تولید می‌شود:

$$\text{سرعت خودرو} = \frac{\text{تعداد مول نیتروژن تولید شده در یک ساعت}}{\text{تعداد مول نیتروژن تولید شده در هر کیلومتر}} = \frac{۰/۹}{\frac{۱}{۶۰}} = ۵۴\,km.h^{-۱}$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۶۶ عبارت‌های (آ)، (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: یکی از عناصر مورد نیاز گیاهان برای رشد، نیتروژن است. هر چند که در حدود ۸۰٪ از حجم هوا توسط گاز نیتروژن تشکیل شده است، اما گیاهان نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به طور مستقیم از هوا جذب کنند. به همین خاطر، نیتروژن را باید در قالب ترکیبات نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود. به عنوان مثال، در برخی از کشورها برای افزایش بازده تولید فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی به طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند. تصویر زیر، روند مبادله گازهای مختلف را بین هواکره و زیست‌کره نشان می‌دهد:



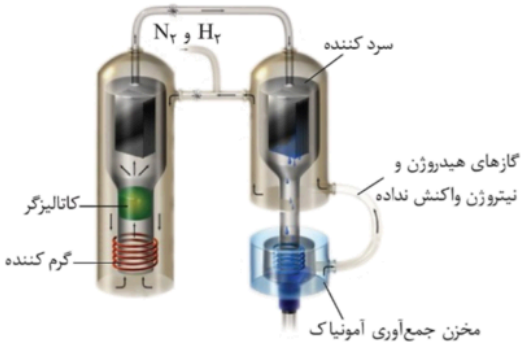
همانطور که مشخص است، نیتروژن مورد نیاز گیاهان توسط باکتری‌های موجود در خاک جذب و تثبیت خواهد شد. توجه داریم که پروتئین‌ها نیز نوعی پلی‌آمید بوده و در ساختار خود حاوی اتم نیتروژن هستند.

ب: با کاهش حجم ظرف در هر واکنش تعادلی، غلظت مواد افزایش یافته و سرعت انجام شدن واکنش‌های رفت و برگشت به طور همزمان افزایش می‌یابد. البته، با کاهش حجم ظرف در فرایند هابر، سرعت واکنش رفت در مقایسه با سرعت واکنش برگشت به مقدار بیشتری افزایش یافته و به همین خاطر است که تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

پ: در شرایط بهینه برای انجام شدن فرایند هابر، ۲۸٪ حجمی از مخلوط واکنش را آمونیاک تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر، اگر در حالت تعادلی این فرایند مجموعا ۱۰۰ مول ماده گازی در ظرف واکنش وجود داشته باشد، ۲۸ مول آن توسط آمونیاک تشکیل می‌شود.

چون افزایش دما درصد مولی آمونیاک را در فرایند هابر کاهش می‌دهد، فریتس هابر دریافت که افزایش دما نمی‌تواند برای تولید مقدار مناسب آمونیاک ثمربخش باشد. او با استفاده از یک کاتالیزگر مناسب مثل ورقه‌های آهنی، توانست واکنش را در دماهای پایین‌تر و با سرعت مناسب انجام دهد. البته، کاتالیزگر فقط سرعت تولید گاز آمونیاک را افزایش می‌دهد و تأثیری بر درصد مولی آمونیاک تولیدشده ندارد. در فرایند هابر، در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد، فشار ۲۰۰ اتمسفر و در حضور کاتالیزگر آهن، تنها ۲۸ درصد مولی از مخلوط واکنش را آمونیاک تشکیل می‌دهد.

ت: نقطهٔ جوش گازهای H_2 و N_2 از نقطهٔ جوش آمونیاک بسیار پایین‌تر است، بنابراین با تنظیم دمای سردکننده در دمایی کمی پایین‌تر از دمای جوش آمونیاک می‌توان این گاز را به حالت مایع تبدیل کرده و از مخلوط گازی جدا نمود. تصویر زیر، نمایی از دستگاه استفاده شده برای تولید آمونیاک بر اساس فرایند هابر را نشان می‌دهد:



(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۶۷ پس از افزودن مقداری گاز اکسیژن به ظرف حاوی تعادل $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$، واکنش در جهت مصرف گاز اکسیژن جابه‌جا شده و به سمت برگشت پیش می‌رود. چون شمار مول‌های گازی سمت چپ واکنش کمتر از شمار مول‌های گازی در سمت راست است، با جابه‌جایی واکنش به سمت برگشت، شمار مول‌های گازی در ظرف کمتر شده و فشار گازها در این ظرف کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) در حالت تعادل، ۴ ذره SO_2 در ظرف وجود داشته و طبق فرض سوال، این ۴ ذره معادل با ۰/۸ مول گاز SO_3 است. بر این اساس، می‌توان گفت که هر ذره نشان داده شده در تصویر، معادل با ۰/۲ مول از آن ماده است. در حالت تعادل، ۶ ذره SO_2 در ظرف وجود دارد که معادل با ۱/۲ مول از این ماده بوده و همانطور که می‌دانیم، ۱/۲ مول گاز SO_2، بر اثر تجزیه ۱/۲ مول گاز SO_3 تولید می‌شود. بر این اساس، داریم:

$$\text{مقدار } SO_3 \text{ اولیه} = \text{مقدار } SO_3 \text{ تعادلی} + \text{مقدار } SO_3 \text{ مصرف شده} = 0/8 + 1/2 = 2\ mol$$

با توجه به محاسبات انجام شده، مقدار SO_3 اولیه برابر با ۲ مول بوده است.

۲) رابطه ثابت تعادل این واکنش به صورت زیر است:

$$K = \frac{[SO_2]^2 \times [O_2]}{[SO_3]^2}$$

هرچند که می‌دانیم در حالت تعادل ۱/۲ مول گاز SO_2، ۰/۸ مول گاز SO_3 و ۰/۶ مول گاز O_2 در ظرف واکنش وجود دارد، اما چون از حجم ظرف واکنش خبر نداریم، نمی‌توانیم در رابطه با مقدار ثابت تعادل واکنش و اینکه این مقدار بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از یک است، اظهار نظر کنیم. این در حالی است که می‌دانیم ثابت یونش هیدروکلریک اسید در محلول‌های آبی مقدار بسیار بزرگی داشته و قطعا مقدار آن بزرگ‌تر از یک است.

۴) در حالت تعادل، واکنش‌های رفت و برگشت همواره و با سرعت برابر انجام می‌شوند. بر این اساس، می‌توان گفت در این حالت مولکول‌های گوگرد تری‌اکسید باز هم در حال تجزیه شدن بوده و فراورده‌ها را تولید می‌کنند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۶۸ معادله واکنش انجام شده به صورت $aA(g) \rightleftharpoons bB(g)$ است. برای پیدا کردن ضریب هر ماده در معادله موازنه شده واکنش، باید به روند تغییر تعداد مول‌های هر ماده پس از تغییر دمای سامانه توجه کنیم. می‌دانیم که تغییر مقدار غلظت هر ماده، متناسب با ضریب استوکیومتری آن ماده است. بر این اساس، در رابطه با مواد شرکت‌کننده در واکنش داریم:

$$\Delta[A] = |0/5 - 0/1| = 0/4\ mol.L^{-1} \qquad \Delta[B] = |0/3 - 0/5| = 0/2\ mol.L^{-1}$$

تغییر غلظت ماده A، دو برابر تغییر غظلت ماده B است، پس ضریب استوکیومتری این ماده نیز ۲ برابر ماده B خواهد بود. بر این اساس، معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر خواهد بود:

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

با توجه به معادله واکنش و غلظت تعادلی مواد، مقدار ثابت تعادل این واکنش را در حالت نهایی محاسبه می‌کنیم:

$$K_2 = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0/3}{0/5 \times 0/5} = 1/2\ L.mol^{-1}$$

در قدم بعد، مقدار ثابت تعادل این واکنش را در حالت اولیه و قبل از تغییر دما محاسبه می‌کنیم:

$$K_1 = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0/5}{0/1 \times 0/1} = 50\ L.mol^{-1}$$

در قدم آخر، نسبت میان مقادیر محاسبه شده را بدست می‌آوریم:

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{1/2\ L.mol^{-1}}{50\ L.mol^{-1}} = \text{برابر } 0/024$$

با توجه به محاسبات انجام شده، طی این فرایند مقدار ثابت تعادل واکنش ۰/۰۲۴ برابر شده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۶۹ در ابتدای فرایند، ۸۰۰ گرم گاز گوگرد تری‌اکسید(معادل با ۱۰ مول گاز گوگرد تری‌اکسید) وارد ظرف ۵ لیتری شده تا تعادل زیر برقرار شود:

$$2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g) \quad , \quad K = 0/5\ mol.L^{-1}$$

با توجه به حجم ظرف، غلظت اولیه گاز گوگرد تری‌اکسید برابر با ۲ مول بر لیتر می‌شود. با انجام شدن این واکنش، به ازای مصرف $2x$ مول بر لیتر از گاز گوگرد تری‌اکسید، مقدار $2x$ مول بر لیتر گاز گوگرد دی‌اکسید به همراه x مول بر لیتر گاز اکسیژن تولید می‌شود. در این حالت، غلظت تعادلی مواد را به صورت پارامتری محاسبه کرده و در نهایت، مقدار مولفه x را با توجه به مقدار ثابت تعادل واکنش محاسبه می‌کنیم. برای این منظور، ابتدا جدول تغییرات مقدار مول مواد را رسم می‌کنیم. در این رابطه، داریم:

واکنش	$2SO_3(g)$	$\rightleftharpoons$ $2SO_2(g)$	+ $O_2(g)$
غلظت اولیه	۲	۰	۰
تغییر غلظت	$-2x$	$+2x$	$+x$
غلظت نهایی	$2-2x$	$2x$	x

بر این اساس، داریم:

$$K = \frac{[SO_2]^2 \times [O_2]}{[SO_3]^2} = \frac{(2x)^2 \times x}{(2-2x)^2} \Rightarrow 0/5 = \frac{4x^3}{4x^2 - 8x + 4} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{x^3}{x^2 - 2x + 1} \Rightarrow 2x^3 = x^2 - 2x + 1 \Rightarrow$$
$$2x^3 - x^2 + 2x - 1 = 0 \Rightarrow x = 0/5$$

با توجه به مقدار مولفه x، می‌توان گفت از ابتدای کار تا لحظه برقراری تعادل، ۱ مول بر لیتر گاز SO_3 تجزیه شده و یک مول بر لیتر گاز SO_2 به همراه ۰/۵ مول بر لیتر گاز O_2 نیز تولید شده است. تنها گاز قطبی موجود در ظرف واکنش، گاز SO_2 بوده و غلظت این گاز در حالت تعادل برابر با ۱ مول بر لیتر است. بر این اساس، شمار مول‌های این گاز را در ظرف محاسبه می‌کنیم:

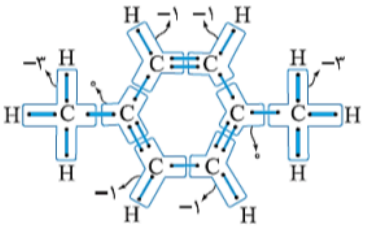
$$?\ mol\ SO_2 = 5\ L\ \text{حجم ظرف} \times \frac{1\ mol\ SO_2}{1\ L\ \text{حجم ظرف}} = 5\ mol$$

بچه‌ها دقت کنید که برای بدست آوردن جواب معادله $2x^3 - x^2 + 2x - 1 = 0$، الزاما نیاز به حل کردن این معادله نداشتیم! با توجه به اعداد موجود در گزینه‌های سوال، مقدار x می‌تواند برابر با ۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۳ باشد و کافی بوده هریک از این اعداد را در معادله ایجاد شده جایگذاری کنیم و ببینیم که کدام عدد در معادله مورد نظر صدق می‌کند! برای حل کردن این معادله، داریم:

$$2x^3 - x^2 + 2x - 1 = 0 \Rightarrow (2x-1)(x^2+1) = 0 \Rightarrow x = 0/5$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۷۰ پارازایلن، هیدروکربنی از نفت خام است که از آن در مراحل تولید پلی‌اتیلن‌ترفتالات استفاده می‌شود. تصویر مقابل، ساختار پارازایلن و عدد اکسایش اتم‌های کربن موجود در آن را نشان می‌دهد:



همانطور که مشخص است، در ساختار این ماده دو گروه متیل به یک حلقه بنزنی متصل شده‌اند، پس این ماده یک ترکیب آروماتیک به شمار می‌رود. با توجه به ساختار نشان داده شده، عدد اکسایش ۲ عدد از اتم‌های کربن موجود در این ترکیب(اتم‌های کربن متصل به شاخه فرعی متیل) برابر صفر است. در ساختار این ماده، ۱۰ اتم هیدروژن متصل به کربن وجود دارد درحالی که در ساختار اتیلن گلیکول، ۴ اتم هیدروژن متصل به کربن وجود دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) فرمول مولکولی پارازایلن به صورت C_8H_{10} بوده و فرمول مولکولی استون به صورت C_3H_6O است. همانطور که مشخص است، نسبت شمار اتم‌های کربن به هیدروژن در پارازایلن، مشابه استون نیست.

۲) پارازایلن، همانند استیرن، دارای یک حلقه کربنی بنزنی بوده و از جمله مواد آروماتیک است. توجه داریم که فرمول مولکولی استیرن به صورت C_8H_8 است.

۳) پارازایلن در ساختار مولکولی خود دارای ۳ پیوند دوگانه است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۷۱ آلوتروپ، به گونه‌های مختلف مولکولی یا بلوری یک عنصر گفته می‌شود. گازهای اوزون(O_3) و اکسیژن(O_2)، آلوتروپ‌های مختلفی از عنصر اکسیژن هستند. همانطور که می‌دانیم، گاز اوزون در مقایسه با گاز اکسیژن سطح انرژی بالاتری داشته و نسبت به این گاز ناپایدارتر است. ساختار مولکولی این گازها به صورت زیر است:

$$:\ddot{O}=\ddot{O}-\ddot{O}: \qquad :\ddot{O}=\ddot{O}:$$

چون جرم مولی گاز اوزون ۱/۵ برابر جرم مولی گاز اکسیژن است، اگر جرم گازهای اکسیژن و اوزون وارد شده به ظرف برابر باشد، غلظت اولیه گاز اکسیژن در ظرف واکنش ۱/۵ برابر غلظت اولیه گاز اوزون می‌شود. اگر غلظت اولیه گاز اوزون در ظرف واکنش مورد نظر را برابر با m مول بر لیتر در نظر بگیریم، غلظت گاز اکسیژن برابر با $1/5m$ مول بر لیتر می‌شود. با پیشرفت واکنش، فشار گازهای موجود در ظرف کمتر شده است؛ پس می‌توان گفت واکنش مورد نظر در جهت برگشت(در جهت شمار مول‌های گازی کمتر) به پیش رفته است. جدول زیر، روند تغییر غلظت گازهای شرکت‌کننده در واکنش مورد نظر را در طول زمان نشان می‌دهد:

مجموع غلظت مواد گازی	$3O_2(g)$ ⇌ $2O_3(g)$		معادلهٔ واکنش
$2/5m$	$1/5m$	m	غلظت اولیه
$-x$	$-3x$	$+2x$	تغییر غلظت
$2/5m-x$	$1/5m-3x$	$m+2x$	غلظت تعادلی

از ابتدای کار تا لحظه برقراری تعادل، فشار گازهای موجود در ظرف واکنش ۰/۹ برابر شده است. بر این اساس، می‌توان گفت مجموع غلظت گازها در حالت تعادل، ۰/۹ برابر مجوع غلظت اولیه آن‌ها است؛ پس داریم:

$$\frac{\text{مجموع غلظت‌های تعادلی گازها}}{\text{مجموع غلظت‌های اولیهٔ گازها}}=\frac{9}{10}\Longrightarrow\frac{2/5m-x}{2/5m}=\frac{9}{10}\Longrightarrow x=0/25m$$

بر این اساس، داریم:

مجموع غلظت مواد گازی	$3O_2(g)$ ⇌ $2O_3(g)$		معادلهٔ واکنش
$2/5m-x$	$1/5m-3x=0/75m$	$m+2x=1/5m$	غلظت تعادلی

در قدم بعد، با توجه به عبارت ثابت تعادل واکنش، مقدار m را محاسبه می‌کنیم.

$$K=\frac{[O_3]^2}{[O_2]^3}\Longrightarrow 0/75=\frac{(1/5m-3x)^2}{(m+2x)^3}\Longrightarrow 0/75=\frac{(0/75m)^2}{(1/5m)^3}\Longrightarrow m=4\ mol.L^{-1}$$

با توجه به مقدار m، غلظت اولیه گاز اوزون در ظرف واکنش برابر با ۴ مول بر لیتر بوده است. از طرفی، حجم ظرف واکنش نیز برابر با ۵ لیتر داده شده است. بر این اساس، داریم:

$$?\,g\ O_2=5\ L\ \text{حجم ظرف}\times\frac{4\ mol\ O_2}{1\ L\ \text{حجم ظرف}}\times\frac{48\ g\ O_2}{1\ mol\ O_2}=960\ g$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۷۲ در ابتدای کار، ۳۲ گرم گاز هیدروژن یدید وارد ظرف واکنش شده و مقداری از این گاز تجزیه می‌شود تا تعادل برقرار شود. در مراحل برقراری تعادل، اگر $۲x$ مول گاز هیدروژن یدید مصرف شده باشد، مقدار x مول از هر یک از فراورده‌ها تولید می‌شود.

در حالت تعادل داریم:

$$۲\,HI(g) \rightleftharpoons H_۲(g) + I_۲(g)$$

شمار مول مواد در حال تعادل : $\frac{۳۲}{۱۲۸} - ۲x \qquad x \qquad x$

از طرفی درصد حجمی یک گاز در یک مخلوط گازی از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$\text{درصد حجمی گاز} = \frac{\text{حجم گاز}}{\text{حجم کل مخلوط گازی}} \times ۱۰۰ = \frac{\text{مول گاز}}{\text{مجموع شمار مول‌های گازی در مخلوط}} \times ۱۰۰$$

بر این اساس، می‌توان نوشت:

$$\text{درصد حجمی گاز هیدروژن یدید} = \frac{n_{HI}}{n_{HI} + n_{H_۲} + n_{I_۲}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \frac{۶۰}{۱۰۰} = \frac{۰/۲۵ - ۲x}{(۰/۲۵ - ۲x) + x + x} \Rightarrow ۰/۲۵ - ۲x = ۰/۱۵ \Rightarrow$$

$$x = \frac{۰/۲۵ - ۰/۱۵}{۲} = ۰/۰۵\,mol$$

اگر مقدار تعادلی مواد شرکت‌کننده در یک واکنش و مقدار ثابت تعادل آن واکنش را داشته باشیم، با استفاده از رابطه زیر می‌توانیم مقدار حجم ظرف واکنش را به راحتی محاسبه کنیم:

$$K = \frac{\text{مقدار مول تعادلی فراورده‌های گازی یا محلول به توان ضرایب استوکیومتری آن‌ها}}{\text{مقدار مول تعادلی واکنش‌دهنده‌های گازی یا محلول به توان ضرایب استوکیومتری آن‌ها}} \times \left(\frac{۱}{v}\right)^{\Delta n}$$

مجموع ضرایب استوکیومتری مواد گازی و محلول سمت چپ ـ مجموع ضرایب استوکیومتری مواد گازی و محلول سمت راست $= \Delta n$

با توجه به رابطه بالا، اگر مجموع تعداد مول‌های گازی/ محلول دو طرف معادله واکنش با هم برابر باشند، می‌توانیم مقدار تعادلی مواد را در رابطه ثابت تعادل قرار بدهیم و از تاثیر دادن حجم ظرف واکنش صرف‌نظر کنیم.

در نهایت ثابت تعادل واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[H_۲][I_۲]}{[HI]^۲} = \frac{n_{H_۲} \times n_{I_۲}}{n_{HI}^۲} \times \left(\frac{۱}{V}\right)^{۲-۲} = \frac{(۰/۰۵) \times (۰/۰۵)}{(۰/۱۵)^۲} \times ۱ = \frac{۲۵ \times ۱۰^{-۴}}{۲۲۵ \times ۱۰^{-۴}} = \frac{۱}{۹}$$

توجه داریم که ثابت تعادل این واکنش فاقد یکا است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۷۳ عبارت‌های (آ) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: هر واکنشی که شمار مول‌های گازی موجود در دو سمت آن برابر نباشد، با تغییر فشار جابه‌جا می‌شود. چنین واکنش‌هایی با افزایش فشار به سمتی جابه‌جا می‌شوند که شامل شمار مول‌های گازی کمتری باشد. در نقطه مقابل، این واکنش‌ها با کاهش فشار به سمتی جابه‌جا می‌شوند که شامل شمار مول‌های گازی بیشتری باشد. چون در واکنش $PCl_۵(g) \rightleftharpoons PCl_۳(g) + Cl_۲(g)$ نیز شمار مول‌های گازی در دو طرف معادله متفاوت است، با تغییر فشار، تعادل برقرار شده جابه‌جا می‌شود.

ب: بر اثر افزایش فشار در تعادل گازی $۳O_۲(g) \rightleftharpoons ۲O_۳(g)$، این تعادل در جهت رفت(در جهت تعداد مول‌های گازی کمتر) جابه‌جا شده و درنتیجه درصد پیشرفت واکنش تعادلی افزایش می‌یابد.

پ: در سیلندری با پیستون روان، با افزایش فشار بر روی پیستون حجم سامانه کاهش یافته و گازهای موجود در سیلندر متراکم‌تر می‌شوند. در همین سیلندر، با کاهش فشار بر روی پیستون، حجم سامانه افزایش می‌یابد.

یکی از راه‌های تغییر حجم سامانه‌های گازی، تغییر فشار است. در واقع، با افزایش فشار اعمال‌شده بر یک تعادل گازی، حجم اشغال‌شده توسط گازها کاهش پیدا می‌کند و با کاهش فشار اعمال‌شده بر یک تعادل گازی نیز حجم اشغال‌شده توسط گازها افزایش می‌یابد. با کاهش حجم یک سامانه تعادلی، فشار گازهای شرکت‌کننده در آن تعادل بالا رفته و غلظت این گازها افزایش پیدا می‌کند. در این شرایط، تعادل به سمت تعداد مول‌های گازی کم‌تر جابه‌جا شده و فشار گازهای موجود در محفظه واکنش را تا حد امکان کاهش می‌دهد. در نقطه مقابل، با افزایش حجم یک سامانه تعادلی و کم‌ترشدن فشار گازهای شرکت‌کننده در آن تعادل، غلظت این گازها کاهش یافته و تعادل به سمت تعداد مول‌های گازی بیشتر جابه‌جا می‌شود و فشار گازهای موجود در محفظه واکنش را تا حد امکان افزایش می‌دهد.

ت: با افزودن مقداری آب خالص به محلول آبی که تعادل $۲Br^-(aq) + Cl_۲(aq) \rightleftharpoons Br_۲(aq) + ۲Cl^-(aq)$ در آن برقرار شده است، غلظت همه مواد موجود در ظرف واکنش کاهش پیدا می‌کند اما چون مجموع شمار مول‌های محلول در دو سمت واکنش با هم برابر است، تعادل اصلا جابه‌جا نمی‌شود. چون طی این فرایند غلظت برم محلول در آب کاهش یافته است، شدت رنگ قرمز محلول نیز کاهش می‌یابد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۷۴ از آنجا که حجم گازهای وارد شده به ظرف با هم برابر است، پس می‌توان گفت شمار مول‌های این گازها نیز با هم برابر است. اگر غلظت اولیه گاز نیتروژن وارد شده به ظرف را برابر با x مول در نظر بگیریم، غلظت اولیه اکسیژن وارد شده به ظرف نیز برابر با x مول می‌شود. با توجه به بازدهی داده شده از این واکنش، $۰/۸x$ مول بر لیتر از هریک از گازهای اکسیژن و نیتروژن مصرف شده و $۰/۲x$ مول بر لیتر از آن‌ها در ظرف باقی می‌ماند. در چنین شرایطی، $۱/۶x$ مول بر لیتر از گاز نیتروژن مونوکسید نیز تولید می‌شود. جدول زیر، روند تغییرات غلظت این گازها را نشان می‌دهد:

گاز	نیتروژن	اکسیژن	نیتروژن مونوکسید
غلظت اولیه	x	x	۰
غلظت نهایی	$۰/۲x$	$۰/۲x$	$۱/۶x$

با توجه به داده‌های موجود در این نمودار، مقدار ثابت تعادل واکنش مورد نظر را محاسبه می‌کنیم.

$$K = \frac{[NO]^۲}{[N_۲] \times [O_۲]} = \frac{۱/۶x \times ۱/۶x}{۰/۲x \times ۰/۲x} = ۶۴$$

با توجه به محاسبات انجام شده، ثابت تعادل واکنش مورد نظر برابر با ۶۴ می‌شود. توجه داریم که ثابت تعادل این واکنش فاقد یکا است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۷۵ 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.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲) نفت خام، گاز طبیعی، زغال‌سنگ و معادن مس، آهن، طلا، مرمر و فیروزه از جمله منابع شیمیایی ارزشمندی هستند که به طور یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. به همین دلیل، برخی از کشورها صادر کننده این منابع و برخی دیگر از کشورها وارد کننده آن‌ها هستند. در واقع، برخی کشورهای دنیا با کسب درآمد از فروش منابع خود، زمینه آسایش، رشد و توسعه را فراهم می‌کنند.

۳) بسیاری از کشورها منابع طبیعی خود را کم و بیش بدون فراوری و به همان صورتی که از طبیعت به‌دست می‌آید، به فروش می‌رسانند. این فرایند، به خام فروشی منابع معروف است. روش دیگر برای بهره‌وری از منابع، این است که به کمک فناوری‌های شیمیایی مختلف، مواد خام و اولیه را به فراورده‌های دیگر تبدیل کرد تا بتوان به قیمت‌های بسیار بالاتری به فروش رساند. برای نمونه، فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی بوده و نمونه‌ای از فرایند خام‌فروشی است؛ درحالی که راه دیگر آن، پالایش نفت خام و فروش فراورده‌های تولید شده در این فرایند است. تصویر زیر، روند فراوری مواد خام را نشان می‌دهد:



با توجه به این تصویر، مواد خام با استفاده از انرژی، آب، فناوری شیمیایی و نیروی انسانی به فراوردهٔ هدف تبدیل می‌شوند.

۴) شیمی سبز به دنبال طراحی واکنش‌هایی با کم‌ترین آسیب به محیط زیست و بیشترین بازده است. برطبق اصول شیمی سبز، یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های موجود در مواد واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شوند. توجه داریم که تولید انواع بیشتری از فراورده‌ها، دلیلی بر افزایش بازده اتمی یک واکنش نیست.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۷۶ در واکنش تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش ۲ اتم کربن موجود در این ماده از ۳- به ۳+ می‌رسد. بر این اساس، می‌توان گفت در واکنش مورد نظر عدد اکسایش اتم‌های کربن در مجموع به اندازه ۱۲ واحد افزایش یافته است. در این رابطه داریم:

$$\text{مجموع تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن} = ۲ \times \big(۳ - (-۳)\big) = ۱۲$$

از طرف دیگر، در این واکنش یون پرمنگنات $(MnO_۴^-)$ به $MnO_۲$ کاهش پیدا کرده و تغییر عدد اکسایش منگنز در آن برابر است با:

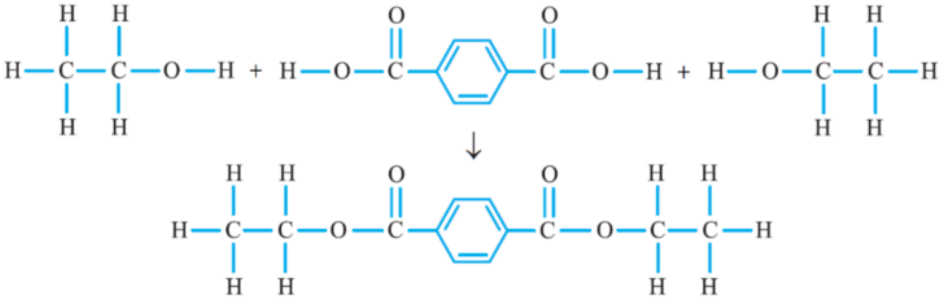
$$\left.\begin{matrix} \underline{MnO_۴^-}: Mn + ۴(-۲) = -۱ \Rightarrow Mn = +۷ \\ \underline{MnO_۲}: Mn + ۲(-۲) = ۰ \Rightarrow Mn = +۴ \end{matrix}\right\} \longrightarrow \text{عدد اکسایش } Mn \text{ سه واحد کاهش یافته است.}$$

از آنجا که شمار الکترون‌های مبادله شده توسط گونه‌های اکسنده و کاهنده باید با هم برابر باشد، پس می‌توان گفت به ازای مصرف هر مول پارازایلن، به ۴ مول پتاسیم پرمنگنات نیاز است. بر این اساس، داریم:

$$?\,mL \text{ محلول} = ۱۲۷/۲\ g \text{ پارازایلن ناخالص} \times \frac{۷۵\ g \text{ پارازایلن}}{۱۰۰\ g \text{ پارازایلن ناخالص}} \times \frac{۱\ mol \text{ پارازایلن}}{۱۰۶\ g \text{ پارازایلن}} \times \frac{۴\ mol\ MnO_۴^-}{۱\ mol \text{ پارازایلن}} \times \frac{۱\ L \text{ محلول}}{۲/۵\ mol\ MnO_۴^-}$$

$$\times \frac{۱۰۰۰\ mL \text{ محلول}}{۱\ L \text{ محلول}} = ۱۴۴۰\ mL$$

یک نمونه از ترفتالیک اسید با اتانول به صورت زیر واکنش می‌دهد:

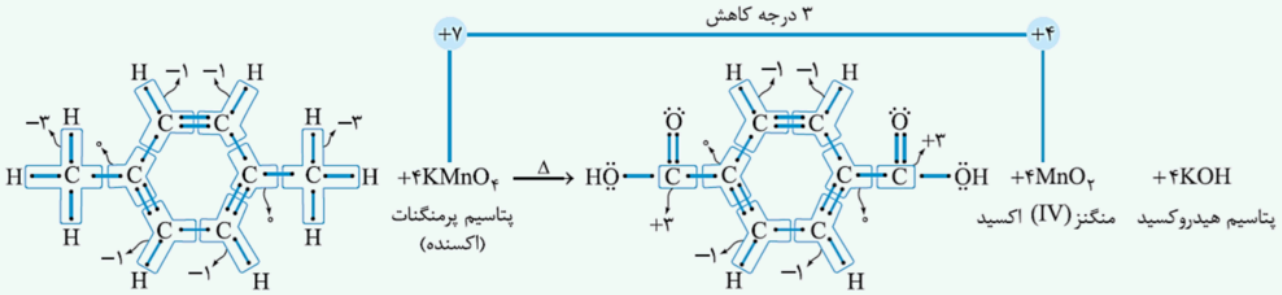


بر این اساس، جرم دی‌استر تولید شده برابر خواهد بود با:

$$?\ g \text{ دی‌استر} = ۱۲۷/۲ g \text{ پارازایلن ناخالص} \times \frac{۷۵\ g \text{ پارازایلن}}{۱۰۰\ g \text{ پارازایلن ناخالص}} \times \frac{۱\ mol \text{ پارازایلن}}{۱۰۶\ g \text{ پارازایلن}} \times \frac{۱\ mol \text{ ترفتالیک اسید}}{۱\ mol \text{ پارازایلن}} \times \frac{۱\ mol \text{ دی‌استر}}{۱\ mol \text{ ترفتالیک اسید}}$$

$$\times \frac{۲۲۲\ g \text{ دی‌استر}}{۱\ mol \text{ دی‌استر}} = ۱۹۹/۸\ g$$

فرایند اکسایش پارازایلن به ترفتالیک اسید دشوار بوده و با وجود غلظت بالای یون پرمنگنات در محلول، تنها با افزایش دمای مخلوط واکنش، شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین می‌شود. بنابراین انرژی فعال‌سازی این واکنش بالا است. توجه داریم که در این واکنش، یون $MnO_۴^-$ به $MnO_۲$ تبدیل شده و عدد اکسایش منگنز از ۷+ به ۴+ کاهش می‌یابد. معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:



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

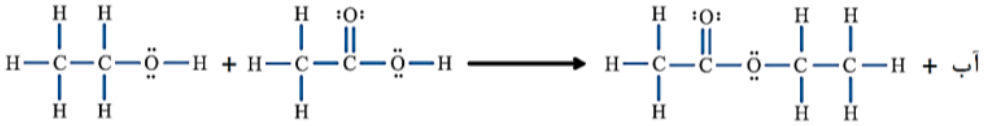
(مار ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۷۷ معادله واکنش استیک اسید(CH_3COOH) با اتانول به صورت زیر است:

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightarrow C_4H_8O_2 + H_2O$$

معادله ساختاری این واکنش به صورت زیر است:



اتیل استات تولید شده در این واکنش، نوعی حلال چسب است. در قدم اول، غلظت مولی محلول استیک اسید را بدست می‌آوریم:

$$[H^+] = 10^{-1/5} = 10^{-2} \times 10^{0/5} = 3 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$$

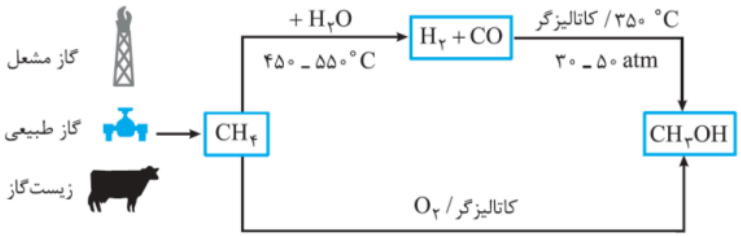
$$[H^+] = M \times \alpha \times n \Rightarrow M = \frac{[H^+]}{\alpha \times n} = \frac{3 \times 10^{-2}}{\frac{2/5}{100} \times 1} = \frac{3}{2/5} = 1/2\ mol.L^{-1}$$

در قدم بعد، جرم اتانول مصرف شده در واکنش با استیک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\ g\ C_2H_5OH = 2/5\ L \text{ محلول اسیدی} \times \frac{1/2\ mol\ CH_3COOH}{1\ L \text{ محلول اسیدی}} \times \frac{1\ mol\ C_2H_5OH}{1\ mol\ CH_3COOH} \times \frac{46\ g\ C_2H_5OH}{1\ mol\ C_2H_5OH} = 138\ g$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۷۸ متانول مایعی بی‌رنگ، بسیار سمی و ساده‌ترین عضو خانواده الکل‌ها است که می‌توان آن را از چوب تهیه کرد. این ترکیب الکلی را با استفاده از واکنش شیمیایی میان گازهای کربن مونوکسید و هیدروژن بر اساس معادله $CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$ نیز می‌توان تهیه کرد. روش‌های مختلف تولید متانول به صورت زیر است:



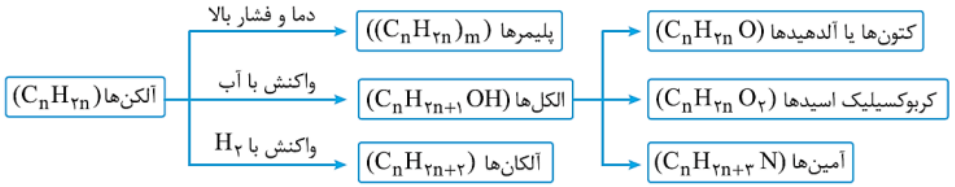
در رابطه با متانول، عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در ساختار مولکولی متانول، فقط دو جفت الکترون ناپیوندی روی اتم اکسیژن وجود دارد درحالی که در ساختار کلروفرم($CHCl_3$)، مجموعا ۹ جفت الکترون ناپیوندی روی اتم‌های کلر قرار گرفته است.

ب: چون متانول یک ماده شدیدا قطبی بوده و به خوبی با آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند، این ماده به هر نسبتی در آب حل شده و نمی‌توان یک محلول سیرشده از آن را ایجاد کرد.

پ: متانول، عضوی از خانواده الکل‌ها است. این ماده از واکنش میان گاز کربن مونوکسید با هیدروژن تولید می‌شود اما سایر الکل‌ها را می‌توان از واکنش میان آلکن‌ها با آب بدست آورد. توجه داریم که الکل‌ها، با استفاده از فرایندهای شیمیایی، به سایر مواد آلی تبدیل می‌شوند. نمودار زیر، روند تبدیل آلکن‌ها به الکل‌ها و پس از آن، روش تبدیل الکل‌ها به سایر مواد را نشان می‌دهد:



با توجه به نمودار بالا، با انجام فرایندهای شیمیایی روی متانول، می‌توان آلدهیدها را بدست آورد.

ت: در ساختار مولکولی متانول، مجموعا ۵ پیوند اشتراکی و در ساختار پروپان(C_3H_8) نیز مجموعا ۱۰ پیوند اشتراکی بین اتم‌ها برقرار شده است.

ث: برای تولید آمیدها، باید ترکیب‌های اسیدی را با آمین‌ها وارد واکنش کرد. در شرایط عادی، متانول با آمین‌ها وارد واکنش نمی‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۷۹ همه عبارت‌های داده شده درست هستند.

آ: پاک‌کننده‌های صابونی، موادی با خاصیت بازی بوده و با انحلال آن‌ها در آب، غلظت یون هیدروکسید در محلول مورد نظر افزایش پیدا می‌کند. بین غلظت مولی یون‌ها در محلول‌های آبی، رابطه زیر برقرار است:

$$[H^+] \times [OH^-] = ۱۰^{-۱۴}$$

بر اساس این رابطه، با افزایش غلظت یون هیدروکسید در محلول، غلظت یون هیدروژن به همان نسبت کاهش پیدا می‌کند.

ب: می‌دانید که فلزها و گرافیت(مغز مداد)، رسانای جریان برق هستند. از آنجا که رسانایی این مواد به وسیله الکترون‌های موجود در آن‌ها انجام می‌شود، به آنها رسانای الکترونی می‌گویند. نوع دیگری از رسانایی نیز وجود دارد که به وسیله یون‌ها انجام می‌شود و به آن رسانای یونی می‌گویند. این رسانایی هنگامی انجام می‌شود که یون‌ها بتوانند از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابه‌جا شوند، زیرا در این شرایط بارهای الکتریکی نیز جابه‌جا خواهند شد. محلول‌های اسیدی و بازی، محلول آبی انواع نمک‌ها و نمک‌های مذاب، از جمله رساناهای یونی هستند.

پ: سرکه، محلولی از استیک اسید(اتانوئیک اسید) در آب است. در محلول اسیدهای ضعیف افزون بر اندک یون‌های آب پوشیده، مولکول‌های اسید یونیده نشده نیز یافت می‌شوند. برای نمونه، در محلول سرکه شمار ناچیزی از یون های آب‌پوشیده(یون‌های استات و هیدروژن)، هم‌زمان با شمار زیادی از مولکول‌های استیک‌اسید یونیده نشده حضور دارند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که در شرایط معین و پس از برقراری تعادل، غلظت همه گونه‌های موجود در محلول این اسید، همانند دیگر اسیدهای ضعیف ثابت است.

ت: باران اسیدی حاوی نیتریک‌اسید($HNO_۳$) و سولفوریک‌اسید است، در حالی که باران معمولی حاوی کربنیک‌اسید است. کربنیک اسید($H_۲CO_۳$)، همانند سولفوریک اسید($H_۲SO_۴$)، نوعی اسید چند پروتون‌دار بوده و توانایی آزاد کردن بیش از یک یون هیدرونیوم را دارد. ساختار لوویس ذرات کربنیک اسید به صورت زیر است:



همانطور که می‌دانیم، کربنیک اسید در مرحله اول یونش خود، به یون هیدروژن و یون هیدروژن کربنات($HCO_۳^-$) تبدیل شده و سپس در مرحله دوم یونش خود، به یون کربنات($CO_۳^{۲-}$) تبدیل می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۸۰ با کاهش حجم ظرف واکنش، غلظت همه مواد موجود در ظرف افزایش یافته و بر این اساس، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت به صورت همزمان افزایش پیدا می‌کند. البته، چون میزان افزایش سرعت برای واکنش برگشت بیشتر است، تعادل به سمت برگشت(به سمت تعداد مول‌های گازی کمتر) جابه‌جا شده و فشار گازهای موجود در ظرف کاهش پیدا می‌کند.

۱) با کاهش دمای سامانه، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت در ظرف واکنش به صورت همزمان کاهش پیدا می‌کند. البته چون میزان کاهش سرعت برای واکنش رفت بیشتر است، تعادل مورد نظر در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

۳) براساس اصل لوشاتلیه، 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. با خارج کردن گاز کلر از ظرف واکنش، سرعت واکنش برگشت کاهش یافته و بر این اساس، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

۴) در صورتی که حجم ظرف واکنش ثابت باشد، با افزودن یک گاز نجیب مثل آرگون به ظرف، غلظت همه مواد بدون تغییر باقی مانده و به همین خاطر، تعادل اصلا جابه‌جا نمی‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۸۱ فرمول شیمیایی ترکیب داده شده به صورت $C_{۱۲}H_{۱۹}N_۳O_۳$ است. در رابطه با این ترکیب، عبارت‌های (ب) و (ث) درست هستند.

آ: تفاوت شمار اتم‌های کربن و هیدروژن در ساختار ترکیب داده شده برابر با ۷ عدد است در حالی که تفاوت شمار اتم‌های کربن و هیدروژن در ساختار متیل آمین($CH_۳NH_۲$) برابر با ۴ عدد است.

ب: در ساختار مولکولی ترکیب داده شده، یک گروه آمینی وجود دارد که در آن، یک اتم هیدروژن به اتم نیتروژن متصل شده است. استیک اسید، با این گروه عاملی آمینی واکنش داده و گروه عاملی آمیدی را ایجاد می‌کند.

پ: در ساختار ترکیب داده شده، ۳ اتم نیتروژن و ۳ اتم اکسیژن وجود داشته و روی هریک از اتم‌های نیتروژن و اکسیژن نیز به ترتیب یک و دو جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. بر این اساس، می‌توان گفت در ساختار ترکیب داده شده ۹ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد. در ساختار مولکولی اتیلن‌گلیکول، ۴ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

ت: پارازایلن یک هیدروکربن حلقوی و آروماتیک با فرمول شیمیایی $C_۸H_{۱۰}$ و فرمول ساختاری زیر است که از تقطیر نفت خام به دست می‌آید:



در ساختار هر مولکول پارازایلن، ۳ پیوند اشتراکی $C=C$ وجود داشته و این ماده با توجه به وجود یک حلقه بنزنی در ساختار خود، نوعی ترکیب آروماتیک به شمار می‌رود. توجه داریم که در ساختار ترکیب داده شده در صورت سوال، حلقه کربنی آروماتیک (حلقه بنزنی) وجود نداشته و بر این اساس، ماده مورد نظر یک ترکیب آروماتیک به شمار نمی‌رود.

ث: چون در ساختار ترکیب مورد نظر اتم‌های هیدروژن متصل به اتم نیتروژن و تعدادی اتم اکسیژن در قالب گروه‌های عاملی مختلف وجود دارد، مولکول‌های این ماده می‌توانند با ذرات آب پیوند هیدروژنی برقرار کنند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۸۲ آلاینده‌های خارج شده از اگزوز خودروها، معادل با گازهای CO و NO و هیدروکربن‌های نسوخته هستند. در نبود مبدل کاتالیستی، مقدار ۹/۱۶ گرم آلاینده و در حضور این مبدل‌ها، مقدار ۰/۸۶ گرم آلاینده به ازای هر کیلومتر مسافت به هوا وارد می‌شود، پس می‌توان گفت مبدل مورد نظر از ورود ۸/۳ گرم آلاینده به هوا جلوگیری می‌کند. بر این اساس، داریم:

$$?\,ton \text{ آلاینده قطبی} = ۴۰۰۰۰۰ \text{ خودرو} \times \frac{۲۵\,km}{۱ \text{ خودرو}} \times \frac{۸/۳\,g \text{ آلاینده}}{۱\,km} \times \frac{۱\,ton \text{ آلاینده قطبی}}{۱۰^۶\,g \text{ آلاینده قطبی}} = ۸۳\,ton$$

روزانه از ورود ۸۳ ton آلاینده به هوا جلوگیری می‌شود، پس در هر ماه از ورود ۲۴۹۰ = ۳۰ × ۸۳ تن آلاینده به هوا جلوگیری می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۸۳ در ابتدا در ظرف واکنش $\frac{۲۵/۶}{۱۶} = ۱/۶$ مول گاز متان و $\frac{۸۱/۶}{۳۴} = ۲/۴$ مول گاز هیدروژن سولفید وجود دارد. بنابراین با توجه به معادله واکنش موازنه شده، شمار مول گازها در تعادل به صورت زیر خواهد بود:

$$CH_۴(g) + ۲H_۲S(g) \rightleftharpoons CS_۲(g) + ۴H_۲(g)$$

۱/۶	۲/۴	۰	۰	شمار مول اولیه:
$۱/۶ - x$	$۲/۴ - ۲x$	x	$۴x$	شمار مول در لحظه تعادل:

با توجه به اینکه در لحظه برقراری تعادل $\frac{۶۰/۸}{۷۶} = ۰/۸$ مول گاز کربن دی‌سولفید در مخلوط تعادلی داریم، پس می‌توان گفت مقدار x برابر ۰/۸ مول بوده و غلظت تعادلی گونه‌ها برابر خواهد بود با:

$$[CH_۴] = \frac{۱/۶ - ۰/۸}{۲} = ۰/۴\ mol.L^{-۱} \quad \text{و} \quad [H_۲S] = \frac{۲/۴ - (۲ \times ۰/۸)}{۲} = ۰/۴\ mol.L^{-۱}$$

$$[CS_۲] = \frac{۰/۸}{۲} = ۰/۴\ mol.L^{-۱} \quad \text{و} \quad [H_۲] = \frac{(۴ \times ۰/۸)}{۲} = ۱/۶\ mol.L^{-۱}$$

در نهایت، ثابت تعادل این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[CS_۲][H_۲]^۴}{[CH_۴][H_۲S]^۲} = \frac{(۰/۴) \times (۱/۶)^۴}{(۰/۴) \times (۰/۴)^۲} = \frac{(۲^۴ \times ۱۰^{-۱})^۴}{(۲^۲ \times ۱۰^{-۱})^۲} = \frac{۲^{۱۶} \times ۱۰^{-۴}}{۲^۴ \times ۱۰^{-۲}} = ۲^{۱۲} \times ۱۰^{-۲} = ۴۰/۹۶\ mol^۲.L^{-۲}$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۸۴ عبارت‌های (آ)، (ب) و (پ) درست هستند.

آ: براساس اصل لوشاتلیه، 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. با افزودن آمونیاک به سامانه تعادلی $NH_4HS(s) \rightleftharpoons H_2S(g) + NH_3(g)$، این تعادل در جهت برگشت(در جهت مصرف گاز آمونیاک) جابه‌جا شده و مقدار گاز H_2S در ظرف واکنش به تدریج کاهش می‌یابد.

ب: دمای جوش گاز هیدروژن سولفید در حدود ۶۰- درجه سانتی‌گراد و دمای جوش آمونیاک در حدود ۳۳- درجه سانتی‌گراد است درحالی که دمای جوش آب برابر با ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است.

پ: آمونیاک، فراورده‌ای از این واکنش با جرم مولی کمتر است. با توجه به خاصیت نافلزی بیشتر نیتروژن در مقایسه با گوگرد، اتم نیتروژن موجود در مولکول آمونیاک جفت الکترون‌های پیوندی را با قدرت بیشتری به سمت خود جذب کرده و بر این اساس، گشتاور دوقطبی آمونیاک در مقایسه با هیدروژن سولفید بیشتر خواهد بود. به همین خاطر است که آمونیاک در مقایسه با هیدروژن سولفید دمای جوش بالاتری دارد.

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

در این رابطه، داریم:

$\Delta n =$ تعداد مول‌های گازی و محلول در سمت راست واکنش - تعداد مول‌های گازی و محلول در سمت چپ واکنش

یکای K واکنش $= (mol.L^{-1})^{\Delta n}$

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

ث: واکنش‌دهنده این واکنش(NH_4HS)، یک ماده جامد بوده و همانطور که می‌دانیم، در دمای ثابت، غلظت مواد مایع و جامد خالص با تغییر مقدار آن‌ها در ظرف واکنش دچار تغییر نشده و همواره یک مقدار ثابت دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۸۵ هر مول گاز کلرواتان(C_2H_5Cl)، شامل ۵ مول اتم هیدروژن و ۱ مول اتم کلر می‌شود، پس می‌توان گفت به ازای هر مول گاز کلرواتان، تعداد مول اتم‌های هیدروژن و کلر به اندازه ۴ مول با هم تفاوت دارد. در نمونه مورد نظر، تعداد اتم‌های هیدروژن به اندازه $۲/۴۰۸ \times ۱۰^{۲۳}$ عدد(معادل با ۰/۴ مول اتم) بیشتر از تعداد اتم‌های کلر است، پس داریم:

$$?\,mol\ C_2H_5Cl = ۰/۴\ mol\ \text{تفاوت تعداد اتم‌ها} \times \frac{۱\ mol\ C_2H_5Cl}{۴\ mol\ \text{تفاوت تعداد اتم‌ها}} = ۰/۱\ mol$$

گاز کلرواتان بر اساس معادله $C_2H_4(g) + HCl(g) \rightarrow C_2H_5Cl(g)$ تولید می‌شود. بر این اساس، داریم:

$$?\,mol\ C_2H_4 = ۰/۱\ mol\ C_2H_5Cl \times \frac{۱\ mol\ C_2H_4}{۱\ mol\ C_2H_5Cl} = ۰/۱\ mol$$

در شرایط استاندارد(فشار ۱ اتمسفر و دمای صفر درجه سانتی‌گراد)، حجم هر مول از گازهای مختلف برابر با ۲۲/۴ لیتر است. بر این اساس، داریم:

$$?\,mL\ C_2H_4 = ۰/۱\ mol\ C_2H_4 \times \frac{۲۲/۴\ L\ C_2H_4}{۱\ mol\ C_2H_4} \times \frac{۱۰۰۰\ mL\ C_2H_4}{۱\ L\ C_2H_4} = ۲۲۴۰\ mL$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۸۶ **همهٔ عبارت‌های داده‌شده درست است.**

لطفاً به متن کتاب صفحه‌های ۹۵ و ۹۶ مراجعه شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۸۷ الف)

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

$$۵۰۰\times۱۰^{۳}\,g\,\text{سوخت}\times\frac{۳۲\,g\,S}{۱۰^{۶}\,g\,\text{سوخت}}\times\frac{۱\,mol\,S}{۳۲\,g\,S}\times\frac{۱\,mol\,SO_2}{۱\,mol\,S}=۵۰\,mol$$

ب)

$$C_xH_y+(x+\frac{y}{۴})O_2\rightarrow xCO_2+\frac{y}{۲}H_2O$$

تفاوت شمار مول‌های اکسیژن و کربن دی‌اکسید برابر است با:

$$(x+\frac{y}{۴})-(x)=\frac{y}{۴}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۸۸ ۱) نادرست؛ با توجه به یکسان بودن مقیاس نمودارها انرژی فعال‌سازی واکنش (I) یا همان ZkJ کمتر از انرژی فعال‌سازی واکنش (II) است. پس با تأمین ZkJ واکنش (II) انجام نمی‌شود.

۲) نادرست؛ هر دو واکنش گرماده هستند ولی واکنش (II) در مقایسه با واکنش (I) آهسته‌تر است. از سویی در مورد سریع یا آهسته بودن هریک از واکنش‌ها نمی‌توان اظهارنظر درستی انجام داد. بلکه تنها می‌توان گفت که واکنش (II) از (I) آهسته‌تر است.

۳) درست

۴) نادرست؛ تشکیل $NO(g)$ از گازهای N_2 و O_2 گرماگیر است؛ زیرا NO ترکیبی ناپایدار است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۸۹ با توجه به داده‌های جدول درصد حذف آلاینده‌ها در حضور مبدل کاتالیستی برابر است با:

$$\frac{(۶-۰/۶)+(۱/۰۳-۰/۰۳)+(۱/۶۶-۰/۰۶)}{۶+(۱/۰۳)+(۱/۶۶)}\times۱۰۰=\frac{۸}{۸/۶۹}\times۱۰۰\simeq٪۹۲$$

توجه داشته باشید که سایر داده‌های سؤال تأثیری در جواب ندارد؛ زیرا درصد حذف آلاینده‌های خواسته شده است نه مقدار آن‌ها!

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۹۰ عبارت اول: درست

عبارت دوم: نادرست؛ باید مقاومت گرمایی و شیمیایی بالایی داشته باشد.

عبارت سوم: نادرست؛ کاهش دما در سرعت عملکرد مبدل کاتالیستی اختلال ایجاد می‌کند.

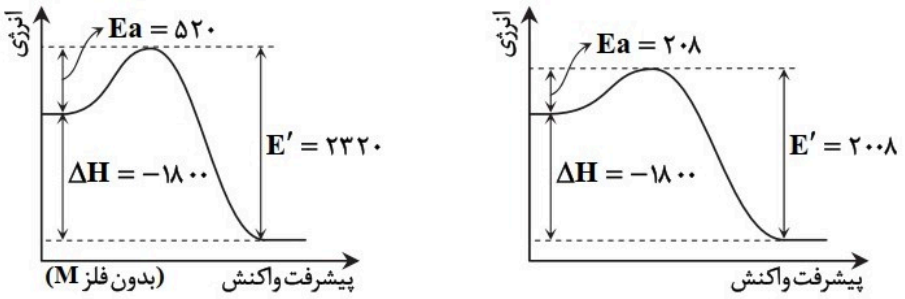
عبارت چهارم: درست

عبارت پنجم: نادرست؛ نماد پالادیم (Pd) و نماد رودیم (Rh) است که در صورت سؤال به اشتباه Pa و Ru آمده است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۹۱ با توجه به داده‌های سؤال در می‌یابیم که واکنش گرماده است ($\Delta H < 0$) و مقدار ΔH ۱۸۰۰ کیلوژول است. مقدار انرژی فعال‌سازی در حضور کاتالیزگر M، ۴۰ درصد مقدار اولیه آن خواهد بود:



$$\text{انرژی فعال سازی با فلز M}: 520\,kJ \times \frac{40}{100} = 208\,kJ$$

$$\text{انرژی فعال‌سازی در جهت برگشت با فلز M}\ (E') : 208 + 1800 = 2008\,kJ$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۹۲

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$$

$$\frac{200}{1} = \frac{x}{2} \Rightarrow x = 400\,mol \text{ تولیدی در مرحلهٔ اول } NO$$

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

$$\frac{400}{2} \times \frac{50}{100} = \frac{x'}{2} \Rightarrow \begin{cases} x' = 200\,mol \text{ تولیدی در مرحلهٔ دوم } NO_2 \\ \text{۲۰۰ مول از NO اولیه مصرف نمی‌شود.} \end{cases}$$

$$NO_2 + O_2 \rightarrow NO + O_3$$

$$\frac{200}{1} \times \frac{80}{100} = \frac{x''}{1} \Rightarrow x'' = 160 \text{ مول} \Rightarrow \begin{cases} NO \text{ تولیدی در مرحلهٔ سوم : ۱۶۰ مول} \\ O_3 \text{ تولیدی : ۱۶۰ مول} \\ NO_2 \text{ مصرفی : ۱۶۰ مول} \\ NO_2 \text{ باقی‌مانده : ۴۰ مول} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} NO \text{ ورودی به هواکره} = 200 + 160 = 360\,mol \\ NO_2 \text{ ورودی به هواکره} = 40\,mol \\ O_3 \text{ ورودی به هواکره} = 160\,mol \end{cases}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۹۳

۱) نادرست؛ مجموع ضرایب استوکیومتری این مواد برابر ۷ است. (NO ، NO_2 ، NH_3 ، H_2O)

۲) درست؛ شمار الکترون‌های مبادله‌شده براساس هریک از گونه‌های کاهنده یا اکسنده قابل‌محاسبه است. در این واکنش آمونیاک نقش کاهندگی دارد که عدد اکسایش هر اتم N از ۳− به صفر در N_2 افزایش می‌یابد، پس به‌ازای ۲ مول آمونیاک ۶ مول الکترون مبادله می‌شود.

۳) نادرست؛ این واکنش برای حذف اکسیدهای نیتروژن طراحی شده است.

۴) نادرست؛ اکسیدهای نیتروژن در این واکنش نقش اکسندگی دارند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۹۴ ۱) درست؛ در ساعت ۶ تا ۸ صبح مقدار آلاینده NO به بیش از ۰/۱۰ بر حسب ppm می‌رسد.

$$۰/۱۰=\frac{?\,g\,NO}{۱۰۰۰\,g\,هوا}\times ۱۰^{۶} \Rightarrow ?=۱۰^{-۴}\,g=۱۰^{-۱}\,mg$$

۲) درست؛ آلاینده $NO_۲$ قهوه‌ای رنگ و عدد اکسایش اتم مرکزی آن (نیتروژن) برابر ۴+ است.

۳) درست

$$NO_۲(g)+O_۲(g)\rightarrow NO(g)+O_۳(g)$$

مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۴ است.

۴) نادرست؛ با کاهش مقدار $NO_۲$، مقدار اوزون افزایش می‌یابد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۹۵ الف) درست؛ انرژی فعال‌سازی در جهت برگشت برابر $۵۶۲\,kJ$ $(۱۸۱+۳۸۱)$ است، پس:

$$\frac{۵۶۲}{۳۸۱}\simeq ۱/۵$$

ب) نادرست؛ آنتالپی واکنش زیر هم‌ارز با آنتالپی پیوند $N=O$ در مولکول $NO(g)$ است که ارتباطی با نمودار انرژی- پیشرفت واکنش نشان داده‌شده ندارد.

$$NO(g)+Q\rightarrow N(g)+O(g)$$

پ) درست

$$۲NO(g)\rightarrow N_۲(g)+O_۲(g)+۱۸۱\,kJ$$

$$۱\,g\,NO\times\frac{۱\,mol\,NO}{۳۰\,g\,NO}\times\frac{۱۸۱\,kJ}{۲\,mol\,NO}\simeq ۳\,kJ$$

ت) نادرست؛ انجام نشدن این واکنش در دمای پایین به مقدار ΔH و علامت آن وابسته نیست بلکه به زیاد بودن انرژی فعال‌سازی واکنش در جهت رفت وابسته است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۹۶ بررسی عبارت نادرست:

عبارت چهارم: با مقایسهٔ سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها نمی‌توان دربارهٔ سرعت واکنش‌ها اظهار نظر کرد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۹۷ معادلهٔ موازنه شده واکنش چنین است:

$$NO(g)+NO_۲(g)+۲NH_۳(g)\rightarrow ۲N_۲(g)+۳H_۲O(g)$$

با توجه به داده‌های سؤال، مقدار مول گازهای NO و $NO_۲$ در مخلوط برابر است، پس فرض می‌کنیم که x مول از هریک از آن‌ها داریم:

$$(x\,mol\,NO\times\frac{۳۰\,g}{۱\,mol\,NO})+(x\,mol\,NO_۲\times\frac{۴۶\,g}{۱\,mol\,NO_۲})=۱/۵۲\,g \Rightarrow x=۰/۰۲$$

با توجه به معادلهٔ موازنه شده برای حذف ۱ مول از هریک از اکسیدهای نیتروژن با نسبت مولی یکسان به ۲ مول آمونیاک نیاز است، پس برای حذف ۰/۰۲ مول از هریک از این اکسیدها به ۰/۰۴ مول آمونیاک نیاز است که حجم آن در STP برابر است با:

$$۰/۰۴\,mol\,NH_۳\times\frac{۲۲/۴\,L\,NH_۳}{۱\,mol\,NH_۳}\times\frac{۱۰۰۰\,mL}{۱\,L}=۸۹۶\,mL$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۹۸ تعادل اول و چهارم در جهت برگشت جابه‌جا می‌شوند.

تعادل اول: با افزودن Ag^+ به محلول تعادلی، یون‌های نقره با یون‌های کلرید به رسوب $AgCl$ تبدیل می‌شوند و در عمل غلظت یون کلرید کاهش یافته و تعادل برای جبران آن در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

تعادل دوم: واکنش تولید آمونیاک گرماده است، بنابراین کاهش دما سبب می‌شود که تعادل در جهت تولید گرما و یا همان جهت رفت جابه‌جا شود.

تعادل سوم: افزایش فشار سبب می‌شود که تعادل از سمت مول گازی بیشتر به‌سمت مول گازی کمتر جابه‌جا شود بنابراین تعادل داده‌شده در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

تعادل چهارم: واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن، گرماده است، پس افزایش دما سبب می‌شود که این تعادل در جهت مصرف گرما و یا همان جهت برگشت جابه‌جا شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۹۹ تعادل اول و چهارم در جهت برگشت جابه‌جا می‌شوند.

تعادل اول: با افزودن Ag^+ به محلول تعادلی، یون‌های نقره با یون‌های کلرید به رسوب $AgCl$ تبدیل می‌شوند و در عمل غلظت یون کلرید کاهش یافته و تعادل برای جبران آن در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

تعادل دوم: واکنش تولید آمونیاک گرماده است، بنابراین کاهش دما سبب می‌شود که تعادل در جهت تولید گرما و یا همان جهت رفت جابه‌جا شود.

تعادل سوم: افزایش فشار سبب می‌شود که تعادل از سمت مول گازی بیشتر به‌سمت مول گازی کمتر جابه‌جا شود بنابراین تعادل داده‌شده در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

تعادل چهارم: واکنش تبدیل اوزون به اکسیژن، گرماده است، پس افزایش دما سبب می‌شود که این تعادل در جهت مصرف گرما و یا همان جهت برگشت جابه‌جا شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۰۰

	$PCl_5(g)$	$\rightleftharpoons$	$PCl_3(g)$	+	$Cl_2(g)$
لحظه شروع	۰/۶		۰		۰
تغییرات	$-x$		$+x$		$+x$
تعادل	$۰/۶-x$		x		x

$$\Rightarrow ۰/۶-x=x \Rightarrow x=۰/۳\,mol$$

$$\frac{P_{\text{تعادل}}}{P_{\text{شروع}}}=\frac{\text{تعادل (مول)}}{\text{شروع (مول)}}=\frac{۰/۹}{۰/۶}=۱/۵$$

نکته: حجم ظرف، اطلاعات اضافی مسأله است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۰۱ با توجه به نمودار با مصرف شدن ۰/۴ مول از مادهٔ A سامانه به تعادل رسیده است، پس تا برقرار شدن تعادل، ۰/۴ مول C و ۰/۲ مول B تولید شده است. به این ترتیب، غلظت مولی مواد A، B و C در تعادل برابر، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۸ مول بر لیتر است:

$$K=\frac{[B][C]^2}{[A]^2}=\frac{۰/۴\times ۰/۶۴}{۰/۰۴}=۶/۴\,mol\cdot L^{-1}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۰۲ در لحظهٔ اعمال تغییر (افزودن گاز نیتروژن به ظرف) تنها غلظت نیتروژن باید دچار تغییر شده باشد (حذف گزینهٔ ۱).

بخشی از این تغییر با پیشرفت واکنش در جهت مصرف گاز نیتروژن (حذف گزینهٔ ۳) و تولید آمونیاک جبران می‌شود.

ضریب مولی آمونیاک دو برابر ضریب مولی نیتروژن است، پس اندازهٔ شیب نمودار تغییرات غلظت مولی آمونیاک باید بزرگ‌تر باشد (حذف گزینهٔ ۴).

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۰۳ با افزایش حجم ظرف، فشار در سامانهٔ گازی کاهش یافته و با خارج شدن سامانه از تعادل، پیشرفت واکنش در جهت افزایش شمار مول گازهای موجود در ظرف (پیشرفت در جهت برگشت) صورت می‌گیرد تا کاهش فشار ایجادشده را تا حد امکان جبران کند.

بررسی موارد نادرست:

عبارت دوم: واکنش در جهت کاهش شمار مول‌های مادهٔ C پیشرفت می‌کند.

عبارت سوم: سرعت واکنش‌های رفت‌وبرگشت کاهش می‌یابند (به‌دلیل کاهش غلظت مواد).

عبارت پنجم: تعادلی با ثابت تعادل یکسان با تعادل اولیه در ظرف برقرار خواهد شد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۰۴ با فرض پیشرفت واکنش در جهت رفت مسأله را حل می‌کنیم:

$$K_1 = \frac{3 \times 3}{2^2} = \frac{9}{4}$$

	$2A$	$\rightleftharpoons$	B	$+$	C
پس از افزودن ۲ مول	۴		۵		۵
تعادل جدید	$4-2x$		$5+x$		$5+x$

$$K_2 = \frac{9}{4} = \frac{(5+x)^2}{(4-2x)^2} \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{5+x}{4-2x} \Rightarrow 8x = 2 \Rightarrow x = 0/25$$

واکنش در جهت رفت پیشرفت می‌کند؛ زیرا مقدار x مثبت به‌دست آمد.

$$\Rightarrow \text{مول } B \text{ در تعادل جدید} = 5 + 0/25 = 5/25$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۰۵

	N_2	$+$	$3H_2$	$\rightleftharpoons$	$2NH_3$
اولیه	۱۰۰		۴۰۰		۰
تعادل	$100-x$		$400-3x$		$2x$

در شرایط بهینه درصد مولی NH_3 در مخلوط تعادلی ۲۸٪ است.

$$\Rightarrow \frac{2x}{500-2x} = \frac{28}{100} \Rightarrow 128x = 14 \times 500 \Rightarrow x = \frac{14 \times 500}{128} \simeq 54/7 \text{ مول} \Rightarrow \text{مول } NH_3 = 2x = 2 \times 54/7 = 109/4$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۰۶

$$2A \rightleftharpoons B \ , \ K = 4$$

$$4 = \frac{[B]}{[A]^2}$$

$$B \rightleftharpoons C + D \ , \ K = 9$$

$$9 = \frac{[C]^2}{[B]} \Rightarrow \frac{[C]^2}{[B]} \times \frac{[B]}{[A]^2} = 36 \Rightarrow \frac{[C]^2}{[A]^2} = 36 \Rightarrow \frac{[C]}{[A]} = 6$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۰۷ عبارت اول: درست

عبارت دوم: نادرست؛ از واکنش گاز اتن با گاز هیدروژن کلرید فراورده‌ای به‌دست می‌آید که در افشانهٔ بی‌حس‌کننده موضعی کاربرد دارد.

عبارت سوم: درست

عبارت چهارم: نادرست؛ در واکنش اتن با محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود که به اشتباه منگنات بیان شده است.

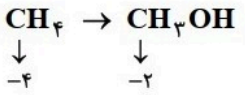
(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

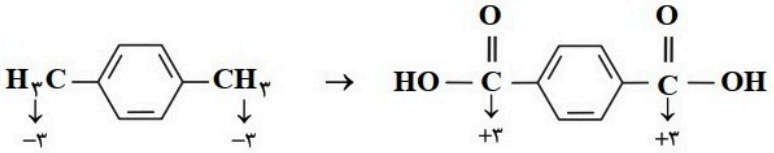
۱۰۸ واکنش میان گازی‌های H_2 و O_2 در حضور روی (Zn) و در دمای اتاق سریع است، اما انفجاری (بسیار سریع) نیست.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

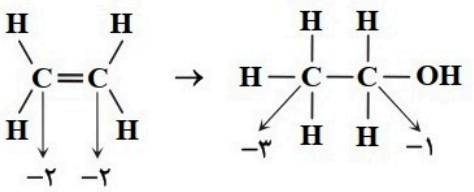
۱۰۹ ۱) تغییر عدد اکسایش یک اتم کربن موجود، برابر ۲ واحد است.



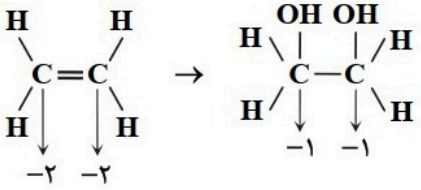
۲) تغییر عدد اکسایش هر اتم کربن برابر ۶ واحد است، پس مجموعاً تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن ۱۲ واحد است.



۳) یکی از کربن‌ها یک واحد کاهش یافته و دیگری یک واحد اکسایش یافته (مجموعاً صفر)



۴) تغییر عدد اکسایش هر اتم کربن ۱ واحد است و مجموعاً برابر ۲ واحد است.

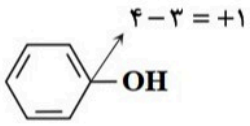


(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۱۰ ۱) نادرست؛ فرمول شیمیایی مادهٔ A مطابق معادلهٔ موازنه شده، Na_2SO_3 است.

۲) نادرست؛ این واکنش براساس اصول شیمی سبز پیشنهاد نمی‌شود؛ زیرا مادهٔ A کاربرد چندانی ندارد و نمکی است که در آب به‌شکل محلول است و حلال صنعتی نیست یعنی سودمند نیست.

۳) نادرست؛ عدد اکسایش اتم C متصل به اتم O در فنول برابر ۱+ است.



۴) درست؛ از مجموع ۲۵ اتم واکنش‌دهنده تنها ۱۳ اتم در ساختار فنول به فراورده‌ای سودمند تبدیل شده‌اند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

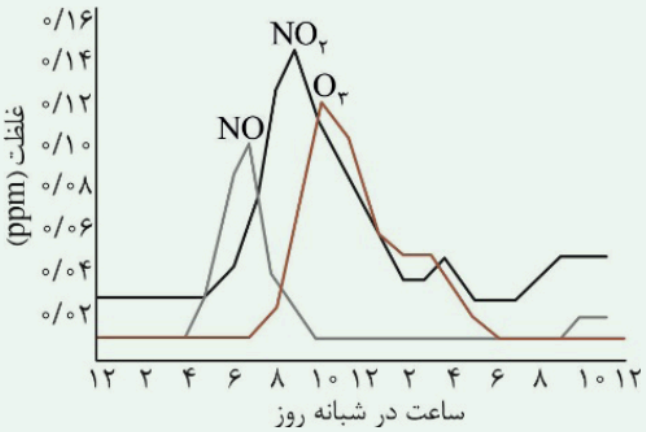
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

عبارت‌های (ب) و (ت) درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

الف برای بررسی این مورد ابتدا به کادر نکتهٔ زیر مراجعه کنید.

نکته **بررسی یک نمودار مهم درباره آلاینده‌های هوا:**



۱ در طول شبانه روز حدوداً از ساعت ۴ صبح تا ۶ بعدازظهر، با افزایش فعالیت کارخانه‌ها و ورود خودروها به سطح شهر، غلظت آلاینده ها افزایش می یابد و در دیگر ساعات شبانه روز، مقدار این آلاینده‌ها در هوا کاهش می‌یابد ولی به صفر نمی‌رسد. (تقریباً ثابت می‌ماند!)

۲ در ابتدای صبح (حدود ساعت ۵)، با ورود خودروها به سطح شهر و تولید گاز NO در موتور آن‌ها، غلظت گاز NO افزایش یافته و در ساعت ۷ صبح به بیشترین مقدار خود می رسد.

۳ با گذشت زمان و انجام واکنش میان گازهای NO و O_2 ، مطابق واکنش زیر، غلظت گاز NO کاهش و غلظت گاز NO_2 افزایش می‌یابد تا جایی که غلظت گاز NO_2 در ساعت ۹ صبح به بیشترین مقدار خود می رسد. $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$

تذکر از آنجا که NO_2 گازی قهوه‌ای رنگ است، در ساعت ۹ صبح، هوای شهرهای بزرگ به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شود.

۴ در روزهای آفتابی و در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح، در حضور نور خورشید گازهای NO_2 و O_2 با یکدیگر واکنش داده و مطابق واکنش زیر، غلظت گاز NO_2 کاهش و غلظت گاز O_3 افزایش می‌یابد، تا جایی که در ساعت ۱۰ صبح غلظت گاز O_3 در هوا به بیشترین مقدار خود می‌رسد. $NO_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO(g) + O_3(g)$

در اوایل صبح که یواش یواش! خودروها میان بیرون! واکنش $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ در موتور خودروها انجام شده و گاز NO تولید می‌شود. با گذشت زمان، واکنش بین گاز NO خروجی از اگزوز خودروها و اکسیژن موجود در هوا به‌صورت $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ انجام شده و غلظت گاز NO کاهش و غلظت گاز NO_2 افزایش می‌یابد. در نتیجه در طول روز، بازه زمانی‌ای وجود ندارد که میزان گاز NO_2 کاهش و میزان گاز NO افزایش یابد!

ب و **پ** برای بررسی این موارد ابتدا به کادرهای زیر توجه کنید.

نکته بدانید و آگاه باشید که آلاینده‌های C_xH_y ، NO ، SO_2 و CO در اگزوز خودروها وجود دارند . حالا این آلاینده‌ها چرا و طبق چه واکنشی تولید می‌شوند؟

آلاینده	عامل پیدایش	معادلهٔ شیمیایی مربوطه
C_xH_y	نامرغوب بودن سوخت و یا نبود اکسیژن به میزان کافی	———
NO	واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن در دمای بالا درون موتور خودروها	$N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$
SO_2	سوختن گوگرد موجود در سوخت‌های فسیلی	$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$
CO	سوختن ناقص هیدروکربن‌های موجود در سوخت	$C_xH_y(g) + (\frac{2x+y}{4})O_2(g) \rightarrow xCO_{(g)} + \frac{y}{2}H_2O(g)$

نکته مقایسهٔ مقدار آلاینده‌های C_xH_y ، CO و NO در خروجی اگزوز خودروها به‌صورت زیر است:

$CO > C_xH_y > NO$ مقدار آلاینده خروجی از اگزوز خودروها (برحسب گرم)

بنابراین جرم گاز NO خروجی از اگزوز خودروها کمتر از جرم گاز CO و جرم C_xH_y خروجی از آنهاست!

ت هوای آلوده به دلیل وجود گاز NO_2 درآن قهوه‌ای رنگ است. عدد اکسایش اتم نیتروژن در NO_2 برابر است با :

$NO_2 : N + 2(-2) = 0 \rightarrow N = +4$

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

www.MrKonkor.com

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۱۲ همه عبارت‌های داده شده درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی به کار می‌رود، طیف‌سنجی فرو سرخ نام دارد.

عبارت‌های دوم و سوم: همچنین از طیف سنجی فروسرخ می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای استفاده کرد.

نکته جمع‌بندی:

برهم کنش نور و ماده ←	طیف‌سنجی ←	طیف‌سنجی فروسرخ	تشخیص گروه‌های عاملی
			شناسایی آلاینده‌های CO و NO_x
			شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای

عبارت چهارم: افزون بر طیف‌سنجی فروسرخ، می‌توان از برهم کنش پرتوهای فرابنفش، نور مرئی، امواج رادیویی و .... نیز برای شناسایی مواد گوناگون بهره برد. MRI خود، نمونه‌ای از کاربرد طیف سنجی در علم پزشکی است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۱۱۳ **بررسی سایر گزینه‌ها:**

۱ استفاده از کاتالیزگرهای مختلفی مانند پودر روی یا توری پلاتینی، تأثیری در میزان گرمای آزاد شده ندارد.

۲ دقت کنید که جرقه در این واکنش، نقش کاتالیزگری نداشته و تنها تأمین‌کننده انرژی فعالسازی است.

۳ اگرچه واکنش میان گازهای هیدروژن و اکسیژن به شدت گرماده است، اما به دلیل انرژی فعال‌سازی (E_a) بالا، می‌توان مخلوط این دو گاز را در دمای اتاق و بدون حضور کاتالیزگر یا ایجاد جرقه برای مدت طولانی نگهداری کرد؛ در نتیجه واکنش سوختن هیدروژن در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۱۴ همه عبارت‌های داده شده، نادرست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

۱ کاتالیزگر مناسب، انرژی فعالسازی واکنش را کاهش می‌دهد اما بر مقدار فراورده تولید شده، تأثیری ندارد.

۲ برای بررسی این مورد ابتدا به کادر نکتهٔ زیر توجه کنید.

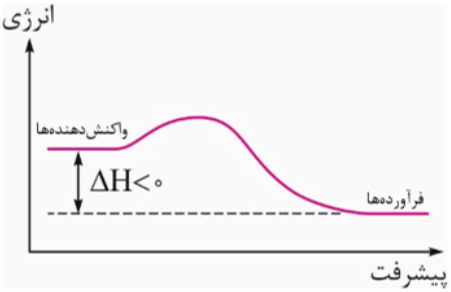
نکته

هرچه انرژی فعال‌سازی یک واکنش بیشتر	⇐	تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و قله نمودار «انرژی ـ پیشرفت» واکنش بیشتر	⇐	سرعت واکنش کمتر	⇐	واکنش در شرایط دشوارتر و در دمای بالاتری انجام می‌شود.

انرژی فعال‌سازی (Ea) واکنش‌های (III) ، (II) ، (I) به‌صورت $E_{a(I)} < E_{a(II)} < E_{a(III)}$ است؛ بنابراین سرعت انجام این سه واکنش به‌صورت «(III) < (II) < (I)» خواهد بود.

۳ دقت کنید که استفاده از کاتالیزگر در یک واکنش، انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد اما بر سطح انرژی و پایداری واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها و در نتیجه ΔH واکنش تأثیری ندارد؛ بنابراین با استفاده از کاتالیزگر، نمی‌توان نمودار گرماگیری مثل نمودار (II) را به نمودار گرماده مثل نمودار (III) تبدیل کرد.

۴ نمودار «انرژی ـ پیشرفت» شماره (II)، گرماگیر است، در حالی که می‌دانیم واکنش سوختن متان، گرماده است؛ لذا سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها در نمودار «انرژی ـ پیشرفت» این واکنش، بالاتر از سطح انرژی فراورده‌ها و ΔH این واکنش منفی است. نمودار «انرژی ـ پیشرفت» واکنش سوختن متان را می‌توان به طور کلی به‌صورت مقابل نشان داد.



(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۱۵ خواسته سوال، در واقع انرژی فعال‌سازی برگشت در نمودار « انرژی ـ پیشرفت» داده شده است.

انرژی فعال‌سازی رفت واکنش $N_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g)$ = انرژی فعال‌سازی برگشت واکنش

$$2NO(g)\rightarrow N_2(g)+O_2(g)$$

حال چون E_a رفت در نمودار داده شده، به راحتی می‌توانیم با محاسبه ΔH واکنش، با استفاده از داده‌های سوال، E_a برگشت این نمودار را نیز حساب کنیم.

$$\text{فراورده‌های گازی}(N_2,O_2)\ 31/36L\times\frac{1mol\ \text{فراورده‌های گازی}}{22/4L\ \text{فراورده‌های گازی}}\times\frac{x\ kJ}{2mol\ \text{فراورده‌های گازی}}=126/7kJ$$

$$\rightarrow x=-181kJ\rightarrow \Delta H_{\text{واکنش}}=-181kJ$$

روش دوم:

$$\frac{\text{حجم}}{\underbrace{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}_{\text{فراورده‌ها}\ (N_2,O_2)}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\rightarrow\frac{31/36}{2\times22/4}=\frac{126/7}{|\Delta H|}\rightarrow|\Delta H|=181KJ\xrightarrow[\Delta H<0]{\text{واکنش گرماده}}\Delta H_{\text{واکنش}}=-181KJ$$

مجموع ضرایب فراورده‌ها

حال طبق رابطه گفته شده می‌توانیم فعالسازی برگشت واکنش نمودار را به دست بیاوریم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت})\rightarrow -181KJ=381-E_a(\text{برگشت})$$

$$\rightarrow E_a(\text{برگشت})=562KJ$$

تذکر در رابطه‌ی $\Delta H_{\text{واکنش}}=E_a(\text{برگشت})-E_a(\text{برگشت})$ ، حتماً باید مقدار $\Delta H_{\text{واکنش}}$ را با در نظر گرفتن علامت آن را (به‌صورت جبری) جایگذاری کنیم. انرژی‌های فعالسازی رفت و برگشت، همواره مثبت هستند.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۱۶

$$\left.\begin{array}{l}\Delta H_{\text{واکنش}} = E_a - E'_a \\ \Delta H_{\text{واکنش}} = \frac{۲}{۳}E_a - \frac{۵}{۲}E'_a\end{array}\right] \rightarrow E_a - E'_a = \frac{۲}{۳}E_a - \frac{۵}{۶}E'_a \rightarrow \frac{۱}{۳}E_a = \frac{۱}{۶}E'_a \rightarrow ۲E_a = E'_a \quad \text{یا} \quad \frac{E'_a}{۲} = E_a$$

طبق نکته‌های بالا،چون $E_a < E'_a$ است؛ در نتیجه واکنش فرض شده گرماده است و $\Delta H_{\text{واکنش}} < ۰$.

همچنین می توانیم گرماده بودن واکنش را به‌صورت زیر نیز تعیین کنیم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = E_a - E'_a = E_a - ۲E_a = -E_a \xrightarrow{E_a, E'_a > ۰} \Delta H_{\text{واکنش}} < ۰$$

در نهایت طبق داده‌های سوال می‌توان گفت که:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = E_a - E'_a = E_a - ۲E_a = -E_a \xrightarrow{\frac{E'_a}{۲} = E_a} \Delta H_{\text{واکنش}} = -\frac{E'_a}{۲}$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ **نکته یادآوری:** در بعضی از سوال‌ها، روش‌های محاسبه ΔH به کمک آنتالپی پیوندها را با نمودار «انرژی ـ پیشرفت واکنش»، خصوصاً E_a ، ترکیب می‌کنند؛ برای حل این سوال‌ها، باید به مفاهیم محاسبهٔ ΔH واکنش مسلط باشیم:

فرمول اول:

$$\Delta H = H_{\text{فراورده‌ها}} - H_{\text{واکنش دهنده‌ها}} \Rightarrow \begin{cases} \text{(واکنش گرماگیر) صفر} < \Delta H \Rightarrow \text{سطح انرژی فراورده‌ها} > \text{سطح انرژی واکنش دهنده‌ها} \\ \text{(واکنش گرماده) صفر} > \Delta H \Rightarrow \text{سطح انرژی فراورده‌ها} < \text{سطح انرژی واکنش دهنده‌ها} \end{cases}$$

فرمول دوم:

$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در فرآورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش دهنده‌ها}]$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \text{(واکنش گرماده) صفر} > \Delta H \Rightarrow \text{مجموع آنتالپی پیوندها در فراورده‌ها} < \text{مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش دهنده‌ها} \\ \text{(واکنش گرماگیر) صفر} < \Delta H \Rightarrow \text{مجموع آنتالپی پیوندها در فراورده‌ها} > \text{مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش دهنده‌ها} \end{cases}$$

از آنجایی که $\Delta H_{\text{واکنش}} <$ صفر و واکنش گرماده است، فراورده(ها)، پایدارتر از واکنش‌دهنده(ها) هستند و مجموع آنتالپی‌های پیوند در مواد فراورده، بیشتر از مجموع آنتالپی های پیوند در مواد واکنش‌دهنده است.

۲

تذکر اگرچه در همهٔ واکنش‌های شیمیایی، روند تغییر انرژی فعال‌سازی مخالف روند تغییر سرعت واکنش است اما در واکنش‌ها، رابطهٔ عددی معینی میان آن‌ها وجود ندارد و نمی‌توان گفت که مثلاً با دو برابر شدن E_a یک واکنش، سرعت آن نصف می‌شود.

در این واکنش، $E'_a = ۲E_a$ است؛ یعنی انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت، ۲ برابر انرژی فعال‌سازی واکنش رفت است؛ در نتیجه می‌توان گفت سرعت واکنش رفت، بیشتر از سرعت واکنش برگشت است اما نمی‌توان گفت که سرعت واکنش برگشت، نصف سرعت واکنش رفت می‌باشد!

۳ $\Delta H_{\text{واکنش}} < ۰$ ؛ در نتیجه با انجام واکنش، انرژی سامانه کاهش و انرژی محیط افزایش می‌یابد و دمای سامانه نیز کم می‌شود، تا زمانی که با دمای محیط برابر شود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۱۷ برای این که یک واکنش شیمیایی آغاز شود، باید واکنش‌دهنده‌ها، مقدار معینی انرژی داشته باشند. به حداقل انرژی لازم برای شروع هر واکنش شیمیایی، انرژی فعال‌سازی واکنش (E_a) می‌گویند. حواستان باشد در صورتی که انرژی فعال‌سازی یک واکنش تأمین نشود، آن واکنش اصلاً انجام نمی‌شود!

بررسی گزینه‌ها:

۱ درستی این گزینه را به‌صورت نکته زیر به خاطر بسپارید:

نکته گرماده یا گرماگیر بودن یک واکنش ارتباطی با E_a ندارد و همه واکنش‌ها برای انجام شدن نیاز به یک حداقل انرژی دارند.

۲ یکی از روش‌های تأمین انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها، گرما دادن به واکنش‌دهنده‌ها است. در معادلهٔ واکنش‌های شیمیایی، این عامل فعال‌سازی را با علامت Δ بر روی پیکان معادله به‌صورت « $\xrightarrow{\Delta}$ » نمایش می‌دهند.

تذکر جرقه و دادن گرما به واکنش‌دهنده‌ها شکل‌هایی از انرژی هستند که تأمین کننده E_a اند؛ نه کاهش‌دهندهٔ آن!

نکته

انرژی فعالسازی واکنش‌ها	با استفاده از گرما و جرقه	تأمین می‌شود.
	با استفاده از کاتالیزگر	کاهش می‌یابد.

۴ برای روشن شدن کبریت، هنگامی که نوک آن روی سطح زبر قوطی کبریت کشیده شود، گرما تولید می‌شود. این گرما انرژی فعال‌سازی واکنش را تأمین می‌کند. پس از تأمین انرژی فعال‌سازی اولیه، ادامه واکنش سوختن کبریت به طور خودبه خودی پیش می‌رود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

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

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ نادرستی این گزینه را نیز به‌صورت نکته زیر به خاطر بسپارید:

نکته قطعهٔ قرار داده شده در مسیر گازهای خروجی از موتور خودرو نقشی در حذف آلایندهٔ SO_2 ندارد و این آلاینده متأسفانه بدون تغییر از اگزوز خارج شده و وارد هواکره می‌شود.

۲ دقت کنید که نماد شیمیایی فلز رودیم به‌صورت «Rh» است!

۳ مجدداً دقت کنید که قطر توده‌های فلزی در سطح سرامیک مبدل، ۲ تا ۱۰ نانومتر (نه میکرومتر) است!

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

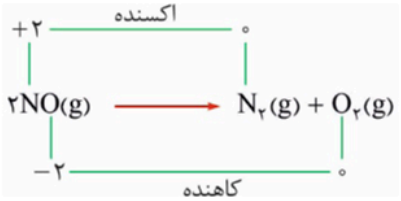
۱۱۹ موارد اول و دوم درست‌اند.

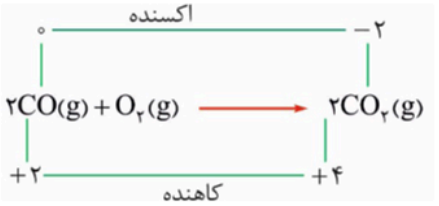
معادله موازنه نشده به حذف دو آلایندهٔ $NO(g)$ و $CO(g)$ به صورت زیر است:

$$۲NO(g) \rightarrow N_۲(g) + O_۲(g) \qquad ۲CO(g) + O_{۲(g)} \rightarrow ۲CO_{۲(g)}$$

بررسی همه موارد:

- هردو واکنش مورد نظر گرماده هستند و در نتیجه علامت ΔH در هر دو آنها، منفی است.
- هر دو واکنش دارای E_a بالایی هستند و به همین دلیل در دمای اتاق انجام‌پذیر نیستند یا بسیار کند هستند.
- با توجه به معادله موازنه این دو واکنش، مشخص است که مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در آن‌ها متفاوت است.
- به این دلیل که در هر دو واکنش، یک عنصر به حالت آزاد وجود دارد، هر دوی آن‌ها از نوع اکسایش ـ کاهش هستند. حال با نوشتن معادله این دو واکنش و بررسی نحوه تغییر عدد اکسایش اتم‌ها، گونه‌های اکسنده و کاهنده را در هر کدام از آن‌ها تعیین می‌کنیم:

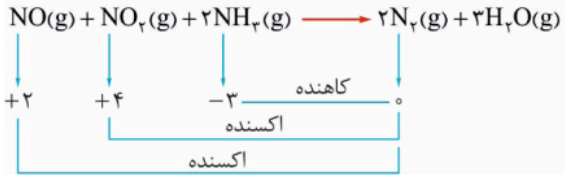




بنابراین در معادله واکنش بالا، اتم نیتروژن و در معادله واکنش پایین، اتم اکسیژن نقش اکسنده را دارد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۲۰ طبق معادله واکنش انجام شده، می‌توان گفت که گونه‌های NO و $NO_۲$ با کاهش عدد اکسایش نیتروژن، اکسنده واکنش به شمار می‌آیند و گونه $NH_۳$ با افزایش عدد اکسایش نیتروژن، کاهنده واکنش محسوب می‌شود.



بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ همان‌طور که از معادله موازنه شده واکنش مشخص است، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در این معادله برابر ۹ است.

۳ طبق معادله موازنه شده واکنش و برابر بودن حجم مولی گازها در شرایط یکسان، چون ۲ مول از آلاینده‌های NO و $NO_۲$ با ۲ مول گاز آمونیاک واکنش می‌دهند؛ در نتیجه می‌توان گفت برای حذف یک لیتر از آلاینده‌های نیتروژن‌دار طبق معادله این واکنش، نیاز به یک لیتر گاز آمونیاک است.

۴ مبدل‌های کاتالیستی به کار رفته در خودروهای بنزینی، توانایی حذف آلاینده NO را دارند. اما قادر به حذف آلاینده $NO_۲$ نیستند!

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۲۱ همهٔ عبارت‌ها به جز عبارت (ب) درست هستند.

بررسی همهٔ موارد:

الف مبدل‌های کاتالیستی، آلودگی ناشی از مصرف بنزین را کاهش داده‌اند.

ب در تامین غذای جهان، فناوری‌های شناسایی و تولید کودهای شیمیایی موثر بوده است، نه فناوری شناسایی و تولید گیاهان فرآوری شده!

پ استفاده نادرست از دانش و فناوری، آثار مخرب و زیان‌باری را به دنبال خواهد داشت.

برای نمونه تولید سلاح‌های شیمیایی، استفاده نادرست از دانش و فناوری را نشان می‌دهد.

ت فناوری‌های شناسایی و تولید مواد بی‌حس‌کننده و آنتی بیوتیک‌ها، راه را برای جراحی‌های گوناگون هموار کرده است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۲۲ تنها مورد دوم درست است.

نکته جدول زیر مقدار آلاینده به ازای طی یک کیلومتر بر حسب گرم را نمایش می‌دهد.

فرمول شیمیایی آلاینده	مقدار آلاینده به ازای طی یک کیلومتر (گرم)
CO	۵/۹۹
CxHy	۱/۶۷
NO	۱/۰۴

مطابق با جدول فوق مقدار گاز CO تولیدی، بیشتر از گاز NO می‌باشد.

بررسی موارد:

مورد اول) ساختار لوویس این دو ماده به صورت زیر است:

$:\dot{N}=\ddot{O}:$ $:C\equiv O:$

نیتروژن مونوکسید (NO) نوعی رادیکال آزاد است و دارای تک الکترون ناپیوندی روی اتم نیتروژن می‌باشد.

شمار جفت الکترون‌های پیوندی در CO برابر با ۳ و شمار جفت الکترون‌های پیوندی در NO برابر با ۲ می‌باشد.

مورد دوم) مطابق با نکته فوق این مورد درست است.

مورد سوم) برای این مورد نیازی به حفظ کردن اعداد نمی‌باشد. می‌دانیم که جرم CO تولید شده از جرم NO بیشتر است. از طرفی جرم مولی NO (ماده‌ای با جرم کمتر) از جرم مولی CO بیشتر است در نتیجه قطعا مقدار مول NO کمتر خواهد بود.

$$\left.\begin{matrix} MCO > MNO \\ \text{جرم مولی } CO < \text{جرم مولی } NO \end{matrix}\right\} \frac{\text{mol CO}}{\text{mol NO}} = \overbrace{\frac{MCO}{MNO}}^{>1} \times \overbrace{\frac{\text{جرم مولی } NO}{\text{جرم مولی } CO}}^{>1} \rightarrow \frac{\text{mol CO}}{\text{mol NO}} > 1$$

$$\rightarrow \text{mol CO} > \text{mol CO} > \text{mol NO}$$

مورد چهارم) هر دو گاز NO و CO بی‌رنگ می‌باشند. در صورتی که ماده‌ای سیاه‌رنگ باشد تمام تمام پرتوها را جذب می‌کند و اگر سفیدرنگ باشد تمام پرتوها را عبور داده و یا بازتاب می‌کند. یعنی حتی در صورتی که جذب پرتوها صفر باشد این دو گاز سفید خواهند بود نه بی‌رنگ!

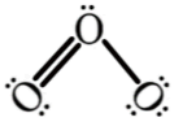
(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۲۳ موارد (آ) و (پ) نادرست هستند.

بررسی همهٔ موارد:

آ مولکول NO_2 (ترکیب ۲) دارای ۱۱ الکترون ناپیوندی و مولکول O_3 (ترکیب ۳) دارای ۳ جفت الکترون پیوندی است، بنابراین داریم: $۱۱ \div ۳ = ۳ / ۷$



ب در آلاینده (۳) برخلاف آلاینده (۲)، عدد اکسایش تمام اتم‌ها متمایز است.

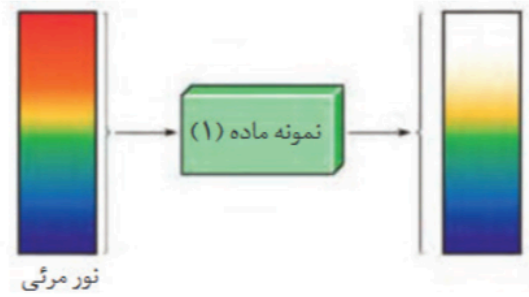
پ در اثر انحلال اکسیدهای نیتروژن در آب، نیتریک اسید تولید می‌شود که در اثر یونش این ترکیب یون هیدرونیوم تولید شده شرایط را برای تشدید خوردگی اغلب فلزات فراهم می‌کند. (فلزاتی مانند طلا و پلاتین حتی در محیط‌های اسیدی نیز خورده نمی‌شوند.) (نادرست)

ت گاز NO یک مولکول دو اتمی ناجور هسته بوده و گازهای NO_2 و O_3 به علت داشتن الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی، مولکولی قطبی هستند. از طرفی آلاینده‌های NO_2 و O_3 نیز به دلیل وجود الکترون ناپیوندی روی اتم مرکزی شکل هندسی خمیده دارند.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۲۴ مطابق با این شکل، نمونه ماده (۱) پرتو قرمز، نارنجی را جذب کرده و پرتوهای زرد، آبی، سبز نیلی و بنفش را بازتاب کرده یا عبور داده است؛ این ماده به صورت مخلوطی از این رنگ دیده می‌شود. با استدلال مشابه ماده (۲) سبزرنگ بوده و سایر پرتوها را جذب کرده است.

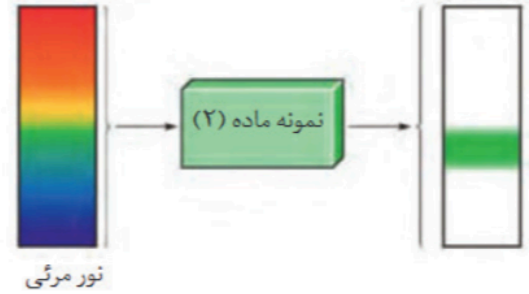
بررسی گزینه‌ها:



۱ ماده (۱) پرتوهای قرمز و نارنجی را جذب کرده و به رنگ آن‌ها دیده نمی‌شود.

۲ از آنجایی که برهم کنش‌های این دو ماده با امواج الکترومغناطیسی مرئی یکسان نبوده است این دو ماده ساختار متفاوتی دارند.

همچنین از آنجایی که ماده (۲) پرتوهای سبز را بازتاب کرده یا عبور داده است نسبت به پرتوهای بازتاب شده یا عبور کرده از ماده (۱) (بنفش، نیلی و آبی و...) طول موج بیشتری دارد.



۳ به منظور شناسایی نوع و تعداد گروه‌های عاملی مواد از طیف سنجی فروسرخ استفاده می‌شود.

در حالی که در مدل بالا از امواج مرئی استفاده شده است.

۴ نور عبوری یا بازتابیده شده از نمونه (۱) (بنفش، نیلی و آبی و...) نسبت به نور عبوری یا بازتابیده از نمونه (۲) (سبز) طول موج کمتر بوده و در نتیجه انحراف بیشتری دارد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۲۵ تنها عبارت «ت» درست است.

آ مطابق با متن کتاب درسی، بهترین راه حل برای تأمین غذا، افزایش بهره‌وری در کشاورزی است (نه تنها راه حل!!)

ب عنصر نیتروژن از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است اما گیاهان نمی‌توانند نیتروژن را به‌طور مستقیم از هواکره جذب کنند. (از عبارت «ب» چنین برداشت می‌شود که گیاهان بخشی از نیتروژن موردنیاز خود را (به‌طور مستقیم) از هواکره جذب می‌کنند.)

پ درصد جرمی نیتروژن در آمونیاک (NH_3) و اوره $(CO(NH_2)_2)$ به‌صورت زیر خواهد بود.

$$\text{درصد جرمی نیتروژن در } NH_3 = \frac{\text{جرم نیتروژن}}{\text{جرم آمونیاک}} \times 100 = \frac{14}{17} \times 100 \simeq 82/3$$

$$\text{درصد جرمی نیتروژن در } CO(NH_2)_2 = \frac{\text{جرم نیتروژن}}{\text{جرم اوره}} \times 100 = \frac{2 \times 14}{60} \times 100 = 46/6$$

ترفند: نیازی به محاسبه کامل این اعداد نیست، $\frac{14}{17}$ قطعاً از $\frac{2 \times 14}{60} = \left(\frac{14}{30}\right)$ بزرگ‌تر خواهد بود.

ت مطابق با کتاب شیمی ۱، واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن در دمای اتاق حتی در حضور کاتالیزگر و جرقه نیز انجام نمی‌شود. انجام نشدن واکنش در دمای اتاق نشان از بالا بودن انرژی فعال‌سازی آن دارد.

سواکنش انفجاری با تولید آب مایع $\rightarrow 2H_2O(l) \xleftarrow{\text{کاتالیزگر یا جرقه}} 2H_2(g) + O_2(g)$

واکنش رخ نمی‌دهد. $H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر یا جرقه}}$

از این رو گاز نیتروژن به جوّی بی‌اثر شهرت یافته و در محیط هایی که گاز اکسیژن عامل تغییر شیمیایی است از نیتروژن استفاده می‌شود. مثل بسته‌بندی موادغذایی!

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۲۶ واکنش $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ نوعی واکنش گرماگیر است. با افزایش دما در واکنش تعادلی گرماگیر، مقدار ثابت تعادل افزایش خواهد یافت.

$$3O_2(g) + Q \rightleftharpoons 2O_3(g)$$

$$N_2(g) + 2H_2(g) + Q \rightleftharpoons N_2H_4(g)$$

در صورتی که مجموع ضرایب مواد گازی در دو سمت واکنش برابر باشد واکنش ممکن است گرماگیر یا گرماده باشد که به نوع واکنش دهنده‌ها، و حالت فیزیکی آن‌ها بستگی دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ واکنش $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ گرماده خواهد بود. با افزایش دما در این واکنش مقدار ثابت تعادل کاهش می‌یابد.

۳ در واکنش $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(s)$ ، علامت گرما در سمت مجموع ضرایب گازی کمتر (سمت راست) قرار دارد و این واکنش نیز گرماده است و با افزایش دما، ثابت تعادل کاهش می‌یابد.

نکته در صورتی که حالت فیزیکی ید در واکنش بالا گاز بود، واکنش گرماگیر می‌شد. $2HI(g) + Q \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$

۴ از آنجایی که سطح انرژی الماس بالاتر از گرافیت است؛ واکنش $C_{(\text{گرافیت},s)} \rightleftharpoons C_{(\text{الماس},s)}$ نوعی واکنش گرماده خواهد بود. (دقت کنید که حالت فیزیکی تمام مواد موجود در تعادل جامد می‌باشد.)

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

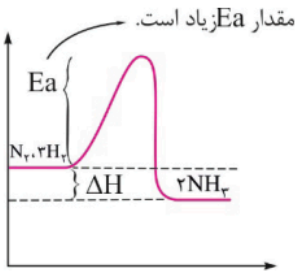
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۲۷ واکنش انجام شده طی فرآیند هابر، نوعی واکنش گرماده است، با افزایش دما در یک واکنش تعادلی گرماده، مقدار فرآورده‌ها کاهش یافته و بازدهی واکنش کمترخواهد شد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ مطابق با متن کتاب درسی، در برخی کشورها برای افزایش بازده فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به عنوان کود شیمیایی به‌طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند.

۳ فرآیند هابر نوعی واکنش گرماده اســت. نمودار انرژی پیشرفت واکنش برای این واکنش به‌صورت زیر خواهد بود.



در یک واکنش گرماده میزان آنتالپی (محتوای انرژی) واکنش‌دهنده‌ها بیشــتر خواهد بود و میزان آنتالپی (محتوای انرژی) فرآورده‌ها کمتر خواهد بود.

۴ فرآیند هابر شــامل سه گاز N_2 ، H_2 و NH_3 اســت. نقطه جوش این گازها مطابق با جدول داده شده است. با توجه به این جدول با کاهش دمای مخلوط گازی تا $-40^\circ C$ تنها گاز آمونیاک به‌صورت مایع خواهد بود و هیدروزن و نیتروژن به دلیل نقطه جوش بسیار پایین‌تر همچنان به حالت گازی وجود دارند.

ماده	نقطه‌جوش($^\circ C$)
$H_2(g)$	-۲۵۳
$N_2(g)$	-۱۹۶
$NH_3(g)$	-۳۳

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۱۲۸ از آنجایی که حجم ظرف برابر با یک لیتر می باشد، غلظت مولی مواد با مقدار مول آن‌ها برابر است در نتیجه خواهیم داشت:

$$K=\frac{[NH_3]^2}{[N_2]\times[H_2]^3}=\frac{(molNH_3)}{(molH_2)(molH_2)}=\frac{0/14\times0/14}{0/07\times\underbrace{0/5\times0/5\times0/5}_{\frac{1}{8}}}=2\times8\times0/14=2/24$$

واحد ثابت تعادل مطابق با رابطه $\left(\frac{mol}{L}\right)^{(\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده}-\text{مجموع ضرایب فراورده})}$ برابر خواهد بود با:

$$\left(\frac{mol}{L}\right)^{4-6}=\left(\frac{mol}{L}\right)^{-2}=L^2.mol^{-2}$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ با افزودن گاز نیتروژن تعادل به سمت راست (تولید فرآورده) پیش می‌رود در این حالت مقدار گاز آمونیاک (فرآورده) افزایش خواهد داشت. از طرفی مقدار گاز نیتروژن نیز افزایش می‌یابد اما کمتر از حد انتظار (به علت مصرف مجدد نیتروژن).

با افزودن گاز نیتروژن با آنکه مقدار این دو گاز (NH_3, N_2) افزایش می‌یابد اما به علت اضافه شــدن گاز نیتروژن نسبت غلظت این مواد تغییر خواهد کرد.

۲ با افزودن گاز هیدروژن (واکنش‌دهنده) تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود اما مقدار ثابت تعادل تغییر نمی‌کند.

۳ با افزودن یا کاســتن مواد گازی و محلول در یک تعادل، ســامانه تعادلی تا حد امکان اثر تغییر اعمال شده را جبران می کند اما نمی تواند کاملاً اثر آن را از بین ببرد. در نتیجه غلظت گاز نیتروژن به مقدار اولیه خودش نخواهد رسید.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۲۹ در واکنش $2N_2O_5(g) \rightleftharpoons 4NO_2(g) + O_2(g)$، شمار مول‌های گازی در سمت راست بیشتر است. در این حالت با افزایش فشار (کاهش حجم) تعادل به سمت چپ جابه‌جا خواهد شد.

نکته با افزایش فشار (ممکن است با کاهش حجم) سامانه، تعادل به سمت مول گازی کمتر پیش خواهد رفت و با کاهش فشار (ممکن است با افزایش حجم) سامانه، تعادل به سمت مول گازی بیشتر پیش خواهد رفت.

نکته در واکنش‌های تعادلی، تأثیر تغییر غلظت ماده‌ای که ضریب بیشتری دارد بر جابه جایی تعادل بیشتر خواهد بود.

مطابق با نکته فوق، تأثیر تغییر غلظت NO_2 بیشتر از تغییر غلظت O_2 می‌باشد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۱۳۰ **بخش اول)** با نصف کردن حجم ظرف، غلظت همه مواد افزایش می‌یابد، در چنین حالتی سامانه به سمت شمار مول‌های گازی کمتر می رود. (تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.)

بخش دوم)

گام اول: به منظور محاسبه مقدار اولیه SO_3 ، این مقدار را برابر با a در نظر می‌گیریم و از جدول تغییرات زیر استفاده می‌کنیم:

	$2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$		
مقدار اولیه $\frac{mol}{lit}$	a	۰	۰
تغییرات	$-2x$	$+2x$	$+x$
مقدار نهایی $\frac{mol}{lit}$	$a-2x$	$+2x$	$+x$

گام دوم: با توجه به مقدار اکسیژن، x را به دست می‌آوریم

$$[O_2] = x\frac{mol}{lit} \xrightarrow{V=10lit} molO_2 = x\frac{mol}{lit} \times 10lit = 10xmol$$:غلظت مولی گاز O_2

$$grO_2 = 10xmol \times 32\frac{gr}{mol} = 16 \rightarrow x = \frac{1}{20} = 0/05\frac{mol}{lit}$$

گام سوم: اکنون با توجه به ثابت تعادل داریم:

$$K = \frac{[SO_2]^2 \times [O_2]}{[SO_3]^2} = \frac{(0/1)^2 \times 0/05}{(a-0/1)^2} = 0/05 \rightarrow (a-0/1)^2 = (0/1)^2 \rightarrow a = 0/2\frac{mol}{lit}$$

محاسبه مقدار مول اولیه گاز SO_3 به صورت رو به رو خواهد بود:

$$molSO_3 = [SO_3] \times V_{ظرف} = 0/2\frac{mol}{lit} \times 10mol = 2molSO_3$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۱ **سرنخ** ابتدا ۳ حالت متفاوت را برای n در نظر بگیرید و واکنش را موازنه کنید. سپس به سراغ گزینه‌ها بروید

واکنش داده شده در حالت‌های متفاوت به‌صورت زیر خواهد بود:

$$n=۲ \rightarrow ۲AB_۲(g) \rightleftharpoons A_۲(g)+۲B_۲(g) \quad (I)$$

$$n=۳ \rightarrow ۲AB_۳(g) \rightleftharpoons A_۲(g)+۳B_۲(g) \quad (II)$$

$$n=۱ \rightarrow ۲AB(g) \rightleftharpoons A_۲(g)+B_۲(g) \quad (III)$$

در صورتی که مقدار n برابر با ۳ باشد (II) آنگاه مجموع ضرایب برابر با ۶ خواهد بود. این واکنش مشابه با واکنش تبدیل آمونیاک به گازهای نیتروژن و هیدروژن (تجزیه آمونیاک) خواهد بود

$$۲NH_۳(g) \rightleftharpoons N_۲(g)+۳H_۲(g)$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ در صورتی که مقدار n برابر با ۲ باشد واکنش به‌صورت واکنش (I) خواهد بود. در این حالت واکنش گرماگیر خواهد بود.

$$\overbrace{۲AB_۲}^{\text{مجموع ضرایب مواد گازی کمتر}} (g)+Q \rightleftharpoons A_۲(g)+۲B_۲(g)$$

در یک واکنش گرماگیر با افزایش دما، ثابت تعادل افزایش خواهد یافت. از طرفی با افزایش دما سرعت در هر ۲ در واکنش رفت و برگشت سریع‌تر انجام خواهند شد و سرعت آن‌ها افزایش می‌یابد.

۳ در صورتی که مقدار n برابر با ۲ باشد واکنش به‌صورت واکنش (I) خواهد بود. همانطور که گفته شد این واکنش گرماگیر است.

$$۲AB_۲(g)+Q \rightleftharpoons A_۲(g)+۲B_۲(g)$$

در این واکنش با افزایش دما مقدار گاز $B_۲$ افزایش خواهد یافت و این نمودار صعودی خواهد بود.

۴ در صورتی که مقدار n مول تولیدی برابر با یک باشد، واکنش به‌صورت (III) خواهد بود. در این واکنش شمار مول‌های گازی طرفین برابر است و تغییر فشار تأثیری بر جهت پیشروی واکنش نخواهد داشت. (هر چند خارج کردن گاز $B_۲$ موجب پیشروی واکنش به سمت راست خواهد شد.)

$$۲AB(g) \rightleftharpoons A_۲(g)+B_۲(g)$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۲ تنها مورد اول نادرست است.

بررسی عبارات:

عبارت اول: واکنش هابر نوعی واکنش گرماده اســـت. دلیل انجام شـــدن این واکنش در دماهای بالا، بیشتر بودن سرعت واکنش در این دماها می‌باشد.

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

عبارت دوم: مطابق با شکل زیر، مخلوط گازهای نیتروژن و هیدروژن ابتدا گرم می‌شود، سپس در مجاورت کاتالیزگر فلزی قرار می‌گیرد.

عبارت ســـوم) نقطه جوش گاز آمونیاک $-33^\circ C$ می‌باشد. در فرآیند هابر، گاز امونیاک را در دمای پایین‌تر از $-33^\circ C$ به صورت مایع جمع‌آوری می‌کنند. تبدیل این دما از درجه سلسیوس به کلوین به صورت زیر خواهد بود:

$$K = \theta + 273 \rightarrow K = -33 + 273 = 240\ K$$

در نتیجه دمای مخزن جمع آوری کمتر از ۲۴۰ کلوین خواهد بود.

عبارت چهارم) در واکنش تولید آمونیاک از نیتروژن و هیدروژن، مجموع ضرایب مواد گازی در سمت فرآورده‌ها کمتر است و با افزایش فشـــار، تعادل در جهت راســـت جابه‌جا می‌شود. همچنین با افزایش مقدار گاز نیتروژن به منظور مصرف آن تا حد امکان، واکنش به سمت راست پیشروی می‌کند.

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

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۳ واکنش حذف این آلاینده‌ها به صورت زیر است، همه این واکنش‌ها از نوع اکسایش ـ کاهش هستند:

$$\text{I)}\ \underset{\text{کاهنده}}{2CO_{(g)}} + \underset{\text{اکسنده}}{O_{2(g)}} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + Q$$

$$\text{II)}\ \underset{\text{هم اکسنده و هم کاهنده}}{2NO_{(g)}} \longrightarrow N_{2(g)} + O_{2(g)} + Q'$$

$$\text{III)}\ C_xH_{y(g)} + (x + \frac{y}{4})O_{2(g)} \longrightarrow x\,CO_{2(g)} + yH_2O_{(g)} + Q''$$

هر سه واکنش فوق گرماده بوده و ΔH آن‌ها منفی است.

نکته **سوختن‌های زیر گرماگیر هستند.**

$N_{2(g)} + O_{2(g)} + Q \longrightarrow 2NO_{(g)}$ واکنش سوختن نیتروژن

$NO_{2(g)} + O_{2(g)} + Q \longrightarrow NO_{(g)} + O_{3(g)}$ واکنش اکسایش گاز NO_2 و تولید اوزون تروپوسفری

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ برای بررسی این گزینه درسنامه زیر را مطالعه کنید:

درسنامه

مبدل‌های کاتالیستی می‌توانند مقدار آلاینده‌ها را کاهش دهند. کارایی این مبدل‌ها به نوع کاتالیزگرها بستگی دارد. نحوه تأثیر این کاتالیزگر به صورت زیر است (دقت کنید که مبدل مقدار هیچ آلاینده‌ای را صفر نمی‌کند.)

مطابق با این جدول ترتیب مقدار این آلاینده‌ها در حضور و غیاب مبدل برحسب گرم به صورت مقابل است: $NO < C_xHy < CO$

ترتیب درصد کاهش این آلاینده‌ها در حضور مبدل: $(۸۹/۸٪)CO < (۹۵/۸)C_xHy < (۹۶/۱\%)NO$

ترتیب مقدار مول گازهای CO و NO در حضور و غیاب مبدل: $NO < CO$

ترتیب کاهش مقدار مول گازهای CO و NO: $NO < CO$

مطابق با درسنامه فوق، کمترین و بیشترین درصد کاهش به ترتیب مربوط به CO و NO است.

۲ در واکنش حذف این آلاینده‌ها، ترکیب NO به عنصرهای نیتروژن و اکسیژن تبدیل می‌شود اما CO به عنصرهای کربن و اکسیژن تبدیل نمی‌شود.

واکنش حذف NO: $2NO_{(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + O_{2(g)}$

واکنش حذف CO: $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$

۴ **گام اول:** ابتدا مقدار کاهش این آلاینده‌ها را برحسب گرم محاسبه می‌کنیم:

$CO(g) =$ مقدار در نبود مبدل $-$ مقدار در حضور مبدل $= ۵/۹۹ - ۰/۶۱ = ۵/۳۸\,gr$

$NO(g) =$ مقدار در نبود مبدل $-$ مقدار در حضور مبدل $= ۱/۰۴ - ۰/۰۴ = ۱\,gr$

گام دوم: اکنون نسبت مقادیر خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{mol CO حذف شده}}{\text{mol NO حذف شده}} = \frac{\frac{۵/۳۸}{۲۸}}{\frac{۱}{۳۰}} = \frac{۳۰ \times ۵/۳۸}{۲۸} \simeq ۵/۷۶$$

آفرود اگر ۵/۳۸ را برابر با ۵/۶ درنظر بگیریم حاصل کسر برابر با ۶ می‌شود، در نتیجه حاصل واقعی این کسر قطعاً از ۶ کمتر است و نمی‌تواند برابر با ۷/۵ باشد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۴ عبارت‌های اول و سوم، جمله داده شده را به درستی تکمیل می‌کنند.

بررسی همهٔ عبارت‌ها:

عبارت اول) گاز سمی‌ای که میل ترکیبی آن با هموگلوبین از O_2 بیشتر است، گاز کربن مونوکسید می‌باشد. با استفاده از طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان گاز CO را شناسایی کرد.

نکته از طیف سنجی فروسرخ می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای استفاده کرد.

عبارت دوم) از طیف سنجی فروسرخ می‌توان برای شناسایی پرتوهای الکترومغناطیسی بلندتر از ۷۰۰nm استفاده کرد. (نه ۷۰۰μn)

عبارت سوم) مطابق با نکته فوق، نمی‌توان از طیف‌سنجی فروسرخ برای شناسایی همه مولکول‌ها در فضاهای بین‌ستاره‌ای استفاده کرد.

عبارت چهارم) به منظور محاسبه‌ی جرم با دقت بسیار زیاد، باید از طیف‌سنجی جرمی استفاده کرد نه فروسرخ.

نکته انواع مختلف طیف‌سنجی در محدوده کتاب درسی به صورت زیر هستند:

انواع طیف‌سنجی و کاربردهای آن	فروسرخ: شناسایی گروه‌های عاملی و آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن و برخی مولکول‌ها در فضاهای بین ستاره‌ای
	جرمی: اندازه‌گیری جرم با دقت بسیار زیاد
	پیشرفته: تعیین آرایش الکترونی اتم‌هایی که از قاعده آفبا پیروی نمی‌کند، مثل $_{24}Cr$ و $_{29}Cu$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

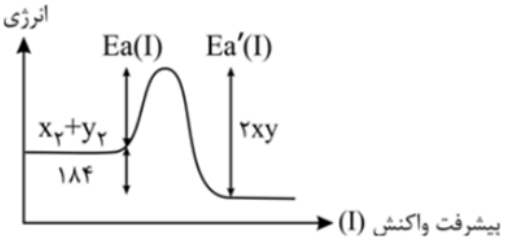
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۵ **سرنخ** ابتدا آنتالپی واکنش (I) را محاسبه کنید و نمودار انرژی ـ پیشرفت آن را رسم کنید. سپس انرژی‌های فعال‌سازی واکنش (II) را برحسب واکنش (I) به دست آورید و نمودار آن را رسم کنید.

نکته **مقدار ΔH یک واکنش برابر است با:**

مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها - مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها $= \Delta H$

با توجه به عبارت اول، مقدار ΔH واکنش (I)، ۱۸۴ کیلوژول بوده است و ازآن‌جایی که آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها کمتر است، واکنش گرماده است.

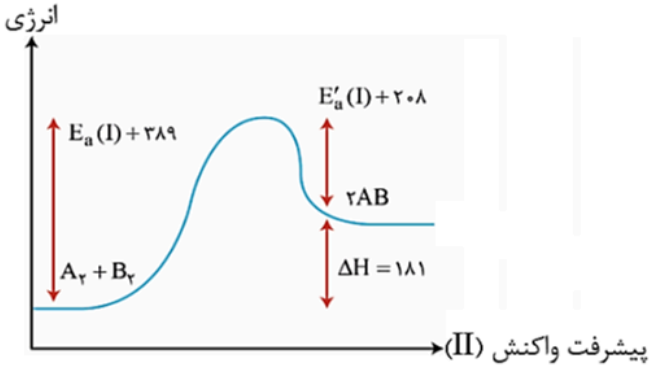


$$\rightarrow Ea_{(I)} - Ea'_{(I)} = \Delta H_{(I)} = -۱۸۴kj$$

مطابق با عبارت دوم برای انرژی‌های فعال‌سازی واکنش (II) خواهیم داشت:

$$\left.\begin{matrix} Ea\,(II) = Ea\,(I) + ۳۸۹ \\ Ea'(II) = Ea'(I) + ۲۴ \end{matrix}\right\} \Delta H_{(II)} = Ea_{(II)} - Ea'_{(II)} \overset{-۱۸۴kj}{=\!=\!=} Ea_{(I)} + ۳۸۹ - Ea'_{(I)} - ۲۴ = ۱۸۱kj$$

در نتیجه ΔH واکنش II برابر با ۱۸۰kJ خواهد بود. نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش برای واکنش (II) به صورت زیر خواهد بود:



مقادیر ΔH واکنش‌های (I) و (II) به ترتیب برابر با $-۱۸۴\,kJ$ و $+۱۸۱\,kJ$ است. تفاوت جبری این دو مقدار برابر با ۳۶۵kJ است:

$$\Delta H_{II} - \Delta H_{I} = ۱۸۱ - (-۱۸۴) = ۳۶۵\,kJ$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ واکنش (I)، نوعی واکنش گرماده است. در یک واکنش گرماده، گرما از سامانه به سمت محیط جاری می‌شود.

۲ واکنش (II) برخلاف واکنش (I) گرماگیر است. در واکنش‌های گرماگیر برخلاف واکنش‌های گرماده سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است.

۴ در شرایط یکسان، هرچه مقدار انرژی فعال‌سازی یک واکنش کمتر باشد، این واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شود. با توجه به عبارت دوم:

$$Ea_{(II)\ \text{واکنش}} > Ea_{(I)\ \text{واکنش}} \longrightarrow \text{سرعت واکنش (I)} > \text{سرعت واکنش (II)}$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۶ فقط عبارت (آ) نادرست است.

واکنش انجام شده در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای دیزلی به صورت زیر است:

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

در این واکنش عدد اکسایش نیتروژن‌های موجود در $NO\ (+2)$ و $NO_2\ (+4)$ به علت تبدیل به N_2 کاهش یافته است. از طرفی با تبدیل گاز $NH_3\ (-3)$ به گاز N_2 (صفر) عدد اکسایش اتم نیتروژن افزایش یافته است.

بررسی سایر عبارت‌ها:

عبارت آ) میان مواد شرکت‌کننده در واکنش، گاز نیتروژن یا N_2 مولکولی دواتمی جور هسته بوده و ناقطبی است. سایر مواد شرکت کننده در واکنش قطبی هستند.

عبارت ب) به منظور محاسبه مقدار آمونیاک مصرفی برای مصرف هر مول گاز NO_2 (قهوه‌ای رنگ) خواهیم داشت:

روش اول:

$$1\,mol\,NO_2 \times \frac{2\,mol\,NH_3}{1\,mol\,NO_2} \times \frac{17\,gr\,NH_3}{1\,nol\,MH_3} = 34\,gr\,NH_3$$

روش دوم:

$$\frac{mol}{\text{ضریب}} = \frac{gr}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \rightarrow \frac{1}{1} = \frac{x\,gr}{2 \times 17} \rightarrow x\,gr = 34\,gr\,NH_3$$

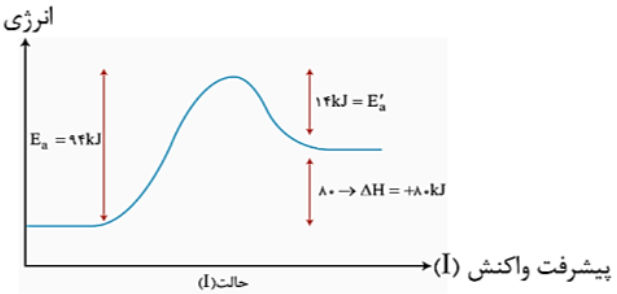
عبارت پ) مطابق با آن‌چه گفته شد، در این واکنش اتم‌های نیتروژن موجود در اکسیدهای آن کاهش یافته‌اند. در حالی که اتم نیتروژن موجود در آمونیاک اکسایش یافته است.

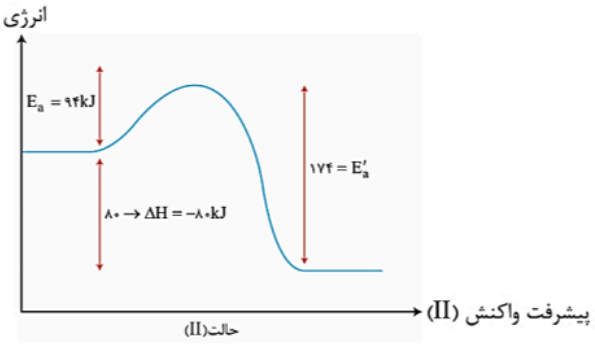
عبارت ت) مطابق با واکنش مطرح شده، گاز نیتروژن و بخار آب از فراورده‌های این واکنش هستند.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۷





عبارت‌های اول و چهارم درست هستند.

بررسی همهٔ عبارت‌ها:

عبارت اول) در صورتی که $Ea' < Ea$ باشد، طبق رابطه $\Delta H = Ea - Ea'$، واکنش گرماگیر خواهد بود. در صورت گرماگیر بودن واکنش (حالت (I)) مقدار Ea' برابر با ۱۴ کیلوژول خواهد بود.

عبارت دوم: در صورت افزایش یافتن دمای سامانه با انجام واکنش، واکنش گرماده بوده است. مطابق با حالت (II) خواهیم داشت:

$$\frac{Ea'}{Ea} \xrightarrow{\text{حالت (II)}} \frac{۱۷۴}{۹۴} = ۱/۸۵ < ۲$$

عبارت سوم) در صورت بیشتر بودن آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها، واکنش انجام شده گرماگیر بوده است. در حالت (I) مقدار $E'a$، واکنش برابر با $۱۴kJ$ می‌باشد.

عبارت چهارم) در صورت بیشتر بودن سرعت واکنش برگشت، $Ea > Ea'$ بوده است. در این حالت واکنش گرماگیر بوده و علامت ΔH واکنش مثبت خواهد بود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۳۸

تنها عبارت آخر نادرست است.

دقت کنید که بنزین برخلاف نفت خام، جزء مواد خام و اولیه محسوب نمی‌شود، بلکه همانند آمونیاک، سولفوریک اسید و متانول، حاصل پالایش نفت خام و تبدیل آن به فراورده‌های پتروشیمیایی است. در واقع فروش نفت خام، نمونه‌ی خام‌فروشی اما فروش بنزین، نمونه‌ی تبدیل مواد خام و اولیه به فراورده‌های دیگر به کمک فناوری‌های شیمیایی برای فروش این محصولات با قیمت‌های بالاتر است.

نکته **دو راه برای فروش منابع:**

خام‌فروشی ← مثل نفت خام، سنگ معدن مس ← سود کم‌تر

مواد فراوری شده ← مثل فراورده‌های پتروشیمیایی، خالص‌سازی مس ← سود بیشتر

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۳۹ عبارت‌های (آ) و (ت) درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

الف

$x =$ مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن

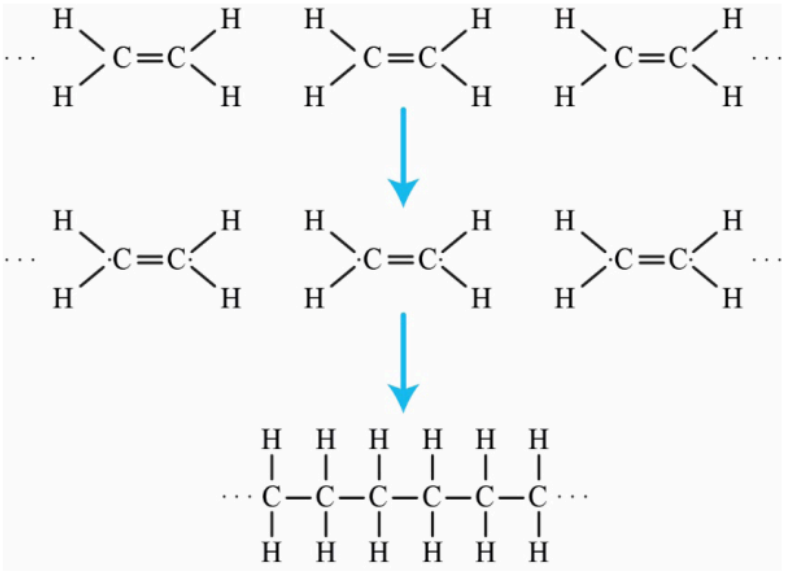
(C_2H_4) اتن: $x + 4(+1) = 0 \rightarrow x = -4$

(C_2H_5Cl) کلرواتان: $x + 5(+1) + (-1) = 0 \rightarrow x = -4$

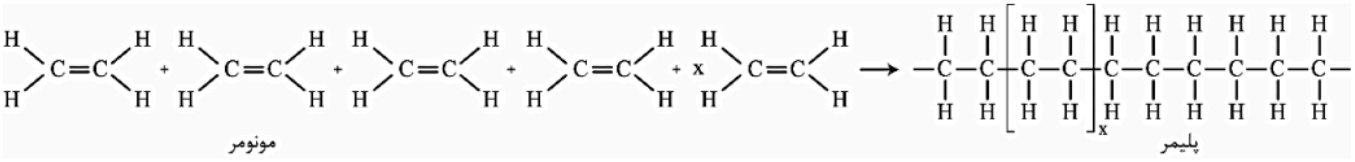
ب با توجه به فرمول مولکولی اتن (C_2H_4) و اتان (C_2H_6)، شمار اتم‌های کربن و جرم آن‌ها در این دو مولکول برابر است اما چون مولکول اتان، شمار اتم‌های H و در نتیجه جرم مولی بیشتری دارد؛ پس درصد جرمی کربن در آن کمتر از اتن است!

به علاوه می‌توان گفت که گاز اتن، در واکنش با گاز H_2 به گاز اتان تبدیل می‌شود، لذا با توجه به ثابت بودن جرم اتم‌های کربن، طبق قانون پایستگی جرم، باید درصد جرمی عنصر کربن در این فرایند کاهش یابد!

پ اتانول، الکلی است که به هر نسبتی در آب حل می‌شود اما اتن، در آب نامحلول است، لذا در تبدیل اتن به اتانول، انحلال‌پذیری فراورده حاصل در آب نسبت به ترکیب اولیه، افزایش خواهد یافت!



ت در تبدیل اتن به پلی اتن در دما و فشار مناسب، پیوند دوگانه $C=C$ در هر مولکول اتن شکسته شده و به پیوند $C-C$ تبدیل می‌شود و این پیوند شکسته شده، تبدیل به دو نیم پیوند در دو طرف مولکول می‌شود؛ به طوری که این اتفاق برای همه مولکول‌های اتن می‌افتد. (در واقع گویا بر اثر شکستن پیوند $C=C$، از این جفت الکترون پیوندی، به هر اتم C، فقط یک الکترون می‌رسد. در نتیجه هر اتم C، دارای ۷ الکترون و بسیار مستعد واکنش خواهد شد!) درنهایت اتم‌های کربن می‌خواهند با اتم‌های کربن در مولکول‌های اتن دیگر، یک پیوند یگانه $C-C$ برقرار کنند تا هر دو به آرایش هشت‌تایی دست پیدا کنند و نیم پیوندهای خود را با نیم پیوند دیگری کامل کنند! لذا درنهایت شمار پیوندهای اشتراکی در این فرایند، ثابت خواهد ماند!

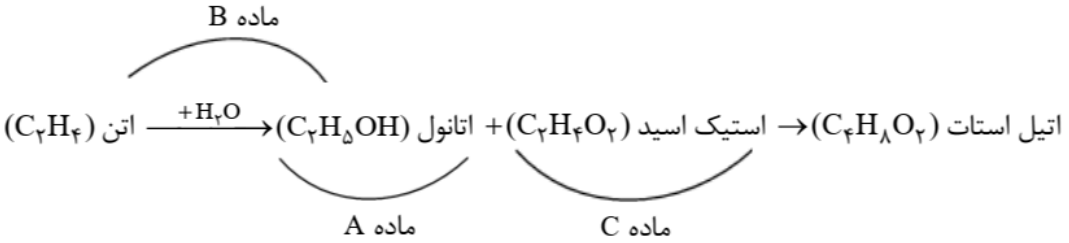


(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۴۰ عبارت‌های (آ) و (ب) درست‌اند.

فرایند تولید اتیل استات ($C_4H_8O_2$) از اتن (C_2H_4) به صورت زیر است:

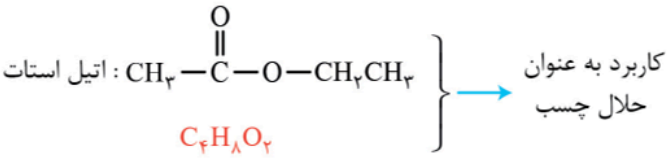


بنابراین مواد A، B و C به ترتیب نشان دهنده اتانول، آب و استیک اسید (اتانوئیک اسید) هستند.

بررسی عبارت‌ها:

الف در واکنش استری شدن میان اتانول (ماده A) و استیک اسید (ماده C)، فراورده‌های حاصل اتیل استات (استر) و آب (ماده B) خواهند بود!

ب



پ اتانول (C_2H_5OH) و استیک اسید ($C_2H_4O_2$) به ترتیب پرکاربردترین عضو خانواده الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدها هستند:

$$\text{جرم‌مولی } C_2H_4O_2 - \text{جرم‌مولی } C_2H_5OH = \text{جرم‌مولی } O - \text{جرم‌مولی } H \times 2 = 16 - 2 = 14$$

ساده‌ترین آلکین، اتین (C_2H_2) با جرم مولی $26\,g.mol^{-1}$ است.

ت ۳- هگزن، آلکنی ۶ کربنه با فرمول مولکولی C_6H_{12} است؛ در نتیجه واکنش‌های انجام شده به صورت مقابل درخواهد آمد:

$$C_6H_{12} + H_2O \rightarrow \underset{\text{الکل}}{C_6H_{14}O} \qquad C_6H_{14}O + C_2H_4O_2 \rightarrow \underset{\text{استر}}{C_8H_{16}O_2} + H_2O$$
$$\text{الکل} \quad \text{اسید(استیک‌اسید)}$$

دقت کنید که هگزانوئیک اسید، کربوکسیلیک اسیدی با فرمول مولکولی $C_6H_{12}O_2$ است؛ در نتیجه با استر به دست آمده، ایزومر نیست!

آفرود راه‌حل سریع‌تر برای رد این عبارت، شمارش و مقایسه شمار اتم‌های کربن در استر به دست آمده و هگزانوئیک اسید است؛ زیرا فرمول مولکولی هر دو آن‌ها به صورت $C_nH_{2n}O_2$ بوده و در صورت داشتن شمار اتم‌های کربن برابر، ایزومر یکدیگر خواهند بود.

هگزانوئیک اسید، یک اسید ۶ کربنه و ۳- هگزن، یک آلکن ۶ کربنه هستند! الکل تولید شده در اثر واکنش۳- هگزن با آب، ۶ کربنه است و در نتیجه استر تولید شده در اثر واکنش این الکل با استیک اسید، ۸ کربنه خواهد بود!

تمام! استر تولید شده به هیچ وجه ایزومر هگزانوئیک اسید نخواهد بود!

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

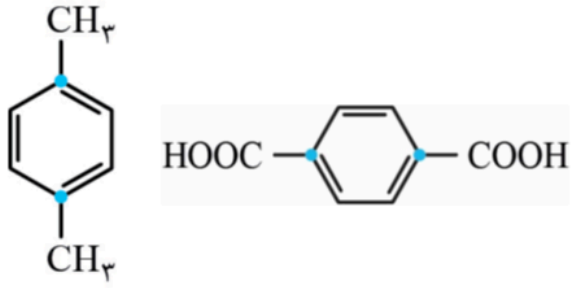
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴۱ همه عبارت‌های داده شده به جز عبارت دوم، درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

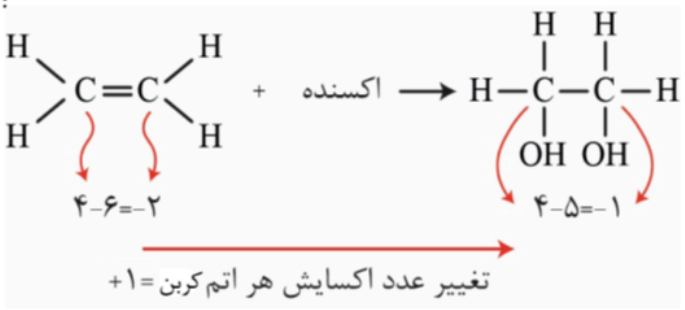
عبارت اول)

با توجه به ساختار پارازلین و ترفتالیک اسید، در ساختار هر دو آن‌ها، دو اتم کربن وجود دارند که تنها به اتم‌های کربن متصل‌اند که این اتم‌های کربن را به صورت زیر مشخص کرده‌ایم:



عبارت دوم)

واکنش تهیه اتیلن گلیکول از اتن :



پس مطابق واکنش بالا، تغییر عدد اکسایش هر اتم کربن در واکنش تبدیل اتن به اتیلن گلیکول، یک واحد است.

عبارت ســـوم) فسفر سفید (P_4) در دمای اتاق در هوا می‌ســوزد؛ اما واکنش اکسایش پارازایلن به ترفتالیک اسید دشوار است و به راحتی انجام نمی‌شود؛ بنابراین واکنش تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید برخلاف واکنش دیگر، Ea بزرگ‌تری داشته و انجام آن بسیار دشوار است!

عبارت چهارم) فرمول مولکولی نفتالن به صورت $C_{10}H_8$ و فرمول مولکولی واحد تکرار شــونده PET به صورت $(C_{10}H_8O_4)$ و شــمار اتم‌های کربن و هیدروژن در فرمول مولکولی این دو ماده برابر اســت. از این رو می‌توان گفت نســبت $\frac{\text{درصد جرمی عنصر هیدروژن}}{\text{درصد جرمی عنصر کربن}}$ در این دو ترکیب با هم مساوی است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴۲ معادله موازنه شده واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$n C_8H_6O_4 + n C_2H_6O_2 \rightarrow \left[C_{10}H_8O_4\right]_n + 2n\ H_2O$$

سرنخ اگر درصد خلوص نمونه ترفتالیک اسید را برابر x % و بازده درصدی واکنش را برابر y % در نظر بگیریم، خواسته سؤال محاسبه حاصل‌ضرب xy است.

در نتیجه طبق اطلاعات سؤال خواهیم داشت:

روش اول:

$$830\,g\,C_8H_6O_4\text{ناخالص نمونه} \times \frac{x\,g\,C_8H_6O_4\text{خالص}}{100\,g\,C_8H_6O_4\text{ناخالص نمونه}} \times \frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{166\,g\,C_8H_6O_4} \times \frac{1\,mol(C_{10}H_8O_4)_n}{n\,mol\,C_8H_6O_4}$$

$$\times \frac{192n\,g(C_{10}H_8O_4)_n}{1\,mol(C_{10}H_8O_4)_n} \times \frac{y\,g(C_{10}H_8O_4)_n\text{عملی}}{100\,g(C_{10}H_8O_4)_n\text{نظری}} = 460/8\,g(C_{10}H_8O_4)_n$$

$$\rightarrow 0/096xy = 460/8 \rightarrow xy = \frac{460/8}{0/096} = 4800$$

روش دوم:

$$\frac{g\,C_8H_6O_4\text{ناخالص} \times \frac{\text{درصد خلوص}}{100} \times \frac{\text{بازده درصدی}}{100}}{\text{جرم‌مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{g(C_{10}H_8O_4)_n}{\text{جرم‌مولی} \times \text{ضریب}}$$

$$\rightarrow \frac{830 \times \frac{xy}{10^4}}{n \times 166} = \frac{460/8}{1 \times 192n} \rightarrow xy = \frac{460/8 \times 166 \times 10^4}{192 \times 830} = 4800$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۴۳ **سرنخ** ابتدا باید شمار مول‌ها و مقدار ترفتالیک اسید را با توجه به اطلاعات سؤال به دست آوریم و چون برای تولید هر مول از این ماده، یک مول پارازایلن مصرف می‌شود، به تعداد مول‌های ترفتالیک اسید، مول پارازایلن نیاز داریم! والسلام!

هر مول ترفتالیک اسید $(C_8H_6O_4)$، شامل ۴ مول اتم اکسیژن و ۸ مول اتم کربن است؛ پس می‌توان گفت به ازای هر مول ترفتالیک اسید، شمار مول اتم‌های اکسیژن و کربن به اندازه ۴ مول با هم تفاوت دارند. حال در نمونه موردنظر، تفاوت شمار اتم‌های اکسیژن و کربن برابر $7/224 \times 10^{25}$ است؛ بنابراین برای محاسبه شمار مول‌های ترفتالیک اسید می‌توانیم به صورت زیر عمل کنیم:

$$?\,mol\,C_8H_6O_4 = 7/224 \times 10^{25}\,\text{تفاوت تعداد اتم‌ها} \times \frac{1\,mol\,\text{تفاوت تعداد اتم‌ها}}{6/02 \times 10^{23}\,\text{تفاوت تعداد اتم‌ها}} \times \frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{4\,mol\,\text{تفاوت تعداد اتم‌ها}} = 30\ mol\,C_8H_6O_4$$

جمع‌بندی:

تغییر عددهای اکسایش در تبدیل پارازایلن به ترفالیک اسید

- MnO_4^- اکسنده ← ۳ درجه کاهش (از ۷+ در MnO_4^- به ۴+ در MnO_2)
- پارازایلن (کاهنده) ← ۱۲ درجه اکسایش (هر اتم کربن گروه متیل ۶ درجه)

معادله واکنش تولید ترفتالیک اسید $(C_8H_6O_4)$ از پارازایلن (C_8H_{10}) به طور کلی به صورت زیر است:



$$\rightarrow 1C_8H_{10} \sim 1C_8H_6O_4$$

در نتیجه برای تولید ۳۰ مول ترفتالیک اسید در این واکنش، به ۳۰ مول پارازایلن نیاز داریم.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

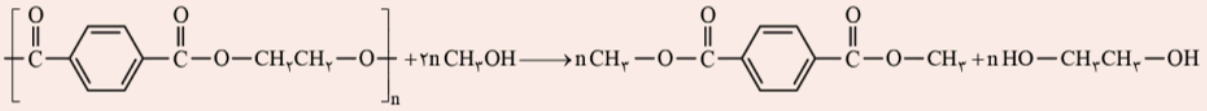
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴۴ **بررسی سایر گزینه‌ها:**

۱ متانول و اتانول هر دو الکل هستند که اولی سبک‌تر و اتانول الکلی سنگین‌تر است. اتانول برای موارد ضدعفونی مصرف می‌شود و بوی شدیدی ندارد در صورتی که متانول بوی بسیار شدیدی دارد و بسیار سمی است.

۲ شیمی‌دان‌ها با بررسی‌های فراوان پی بردند که PET در شرایط مناسب با متانول (CH_3OH) واکنش می‌دهد و به مواد مفیدی (نه لزوماً مونومرهای سازنده یعنی ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول!) تبدیل می‌شود که می‌توان از آن‌ها برای تولید پلیمرهای دیگر استفاده کرد، از این رو سالانه به مقدار زیادی متانول در مقیاس صنعتی نیاز است.

تذکر جالبه بدونید فراورده‌های اصلی این واکنش، دی متیل ترفتالات و اتیلن گلیکول هستند و واکنش انجام شده به صورت زیر است:



۳ الکل‌های یک عاملی را می‌توان طبق معادله زیر، از واکنش آلکن‌ها، با آب در شرایط مناسب تولید کرد:

$$\underbrace{C_nH_{2n}}_{\text{آلکن}} + H_2O \longrightarrow \underbrace{C_nH_{2n+2}O}_{\text{الکل سیر شدهٔ یک عاملی}}$$

دقت کنید که چون در فرمول مولکولی آلکن‌ها، $n \geq 2$ و در واقع ساده‌ترین آلکن، اتن (C_2H_4) است، در نتیجه از واکنش آلکن‌ها با آب، نمی‌توان متانول (CH_3OH) را تولید کرد و ساده‌ترین الکلی که در این واکنش تولید می‌شود، اتانول (C_2H_5OH) است که در نتیجه افزودن آب به اتن طبق معادله زیر تولید می‌شود:

$$CH_2=CH_2 + \widetilde{HOH} \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CH_2OH$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۱۴۵ عبارت‌های (آ) و (ت) نادرست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

الف طبق نکات بالا، در روش غیرمستقیم تولید متانول، در واکنش $CH_4(g) + H_2O(g) \rightarrow CO(g) + 3H_2(g)$، واکنش دهندهٔ کربن‌دار دارد. (متان)، کاهنده و در واکنش $CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(l)$، واکنش دهنده کربن‌دار ($CO$) اکسنده است.

ب آره دیگه! پس چی؟!

پ با توجه به معادله واکنش‌های انجام شده داریم:

$$\text{روش غیرمستقیم} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow{450-550^\circ C} CO(g) + 3H_2(g) \\ CO(g) + 2H_2(g) \xrightarrow[\text{کاتالیزگر}]{30-50atm/350^\circ C} CH_3OH(l) \end{array}\right] \rightarrow 1CH_4(g) \sim 1CO(g) \sim 1CH_3OH(l)$$

در نتیجه در روش غیر مستقیم تولید متانول می‌توان گفت که در این فرایند به ازای مصرف یک مول (۱۶ گرم) متان (CH_4)، یک مول (۳۲ گرم) متانول (CH_3OH) تولید خواهد شد!

ت

$$\underset{-4}{CH_4} \xrightarrow[\text{کاتالیزگر}]{O_2} \underset{-2}{CH_3OH}$$

۲ درجه اکسایش

دقت کنید که در این واکنش، عدد اکسایش اتم کربن، ۲ درجه تغییر می‌کند.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۴۶ همه عبارت‌های داده شده، بجز عبارت (آ) درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

آ هر سه آلاینده اوزون (O_3)، نیتروژن مونوکسید (NO) و نیتروژن دی اکسید (NO_2)، دارای مولکول‌های قطبی هستند، اما تنها آلاینده NO در خروجی اگزوز خودروها وجود دارد.

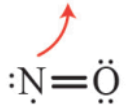
توجه: آلاینده‌های «CO, SO_2, NO, C_xH_y» در خروجی اگزوز خودروها وجود دارند.

ب گازهای اوزون (O_3) و نیتروژن مونوکسید (NO) بی‌رنگ هستند اما گاز نیتروژن دی اکسید (NO_2)، قهوه‌ای رنگ است.

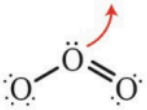
توجه: اوزون و اکسیژن، در حالت گازی، بی‌رنگ و در حالت مایع، آبی رنگ هستند!

پ عدد اکسایش اتم مرکزی با مولکول‌های سه اتمی موردنظر تعیین می‌کنیم:

عدد اکسایش $= 5 - 3 = +2$

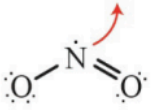


عدد اکسایش $= 6 - 5 = +1$



(O_3)

عدد اکسایش $= 5 - 1 = +4$



(NO_2)

ت در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای دیزلی، برای کاهش مقدار اکسیدهای نیتروژن (NO, NO_2)، از آمونیاک طبق واکنش زیر استفاده می‌شود که در این واکنش، گاز N_2 و بخار آب (H_2O) تولید می‌شود:

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

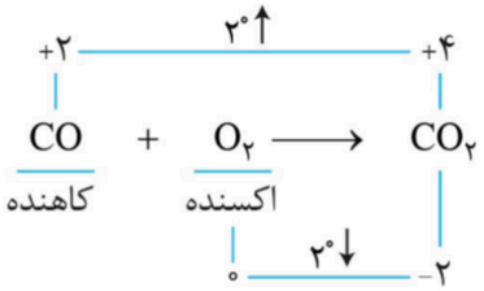
(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴۷ عبارت‌های اول و دوم درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: مطابق معادلهٔ زیر، $CO(g)$ کاهنده و $O_2(g)$ اکسنده است، یعنی کربن مونوکسید اکسایش و گاز اکسیژن کاهش یافته است.



عبارت دوم: هر دو واکنش (I) و (II)، انرژی فعال‌سازی بالایی دارند؛ در نتیجه در دماهای پایین انجام نمی‌شوند یا بسیار کند پیش می‌روند.

عبارت سوم: کاتالیزگرها، انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به یک اندازه (نه به یک نسبت!) کاهش می‌دهند.

$$\text{مقدار کاهش انرژی فعالسازی رفت} = ۳۳۴\,kJ \times \frac{۵۰}{۱۰۰} = ۱۶۷\,kJ$$

در نتیجه مقدار انرژی فعال‌سازی برگشت نیز به میزان $۱۶۷\,kJ$ باید کاهش یابد.

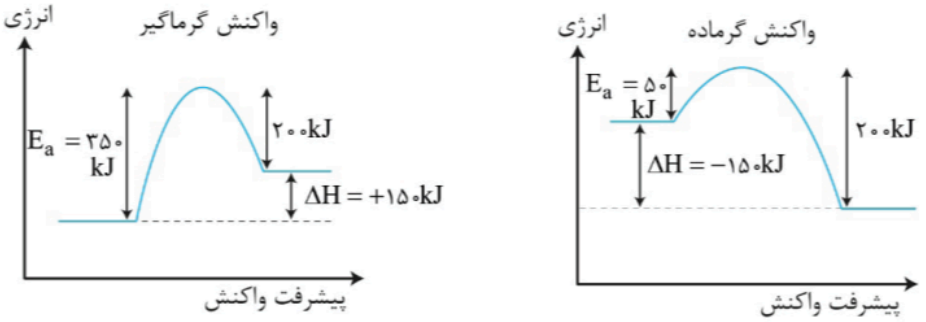
عبارت چهارم: در واکنش (I)، مجموع آنتالپی فراورده‌ها از $۵۶۲\,kJ$ بیشتر است؛ زیرا انرژی فعال‌سازی برگشت واکنش $(۳۸۱+۱۸۱=۵۶۶\,kJ)$، انرژی لازم برای سست شدن پیوندهاست، درحالی که در محاسبه مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها، انرژی مورد نیاز برای شکستن کامل پیوندها منظور می‌شود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۴۸ عبارت‌های اول و سوم درست‌اند.

باتوجه به اطلاعات داده شـــده، این واکنش ممکن است گرماده ($\Delta H = -۱۵۰kJ$) یا گرماگیر ($\Delta H = +۱۵۰kJ$) باشد و دو حالت زیر را می‌توان برای نمودار «انرژی – پیشرفت» آن متصور بود:



بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: باتوجه به نمودارهای داده شـــده، واکنش در حالت گرماده، E_a کمتری نســـبت به حالت گرماگیر دارد؛ در نتیجه در دما و شرایط مشابه، سرعت واکنش در حالت گرماده بیشتر است.

عبارت دوم: این واکنش می‌تواند گرماده یا گرماگیر باشد.

عبارت سوم: در حالتی که واکنش گرماگیر باشد، E_a واکنش برابر ۳۵۰kJ و ΔH آن برابر ۱۵۰kJ است:

در حالت گرماگیر: $\frac{E_a}{\Delta H} = \frac{۳۵۰}{۱۵۰} > ۲$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۴۹ عبارت‌های سوم و پنجم درست‌اند.

همان‌طور که گفته شد پودر روی و توری پلاتینی هر دو می‌توانند کاتالیزگر واکنش بین گازهای $H_۲$ و $O_۲$ باشند. به طوری که در حضور روی، واکنش به صورت ســـریع و در حضور توری پلاتینی، واکنش به صورت انفجاری انجام می‌شـــود. در نتیجه توری پلاتینی قطعاً انرژی فعال‌سازی واکنش را بیشتر از پودر روی کاهش می‌دهد و کاتالیزگر بهتری برای انجام این واکنش است.

بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت اول) با ایجاد جرقه برخلاف اســـتفاده از کاتالیزگر، انرژی لازم برای انجام واکنش (انرژی فعال سازی) کاهش نمی‌یابد بلکه جرقه با افزایش دما، این انرژی مورد نیاز را تأمین می‌کند.

عبارت دوم) توری پلاتینی و پودر روی، هر دو کاتالیزگر واکنش محســـوب می‌شـــوند، لذا انرژی فعالسازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک میزان کاهش می‌دهند.

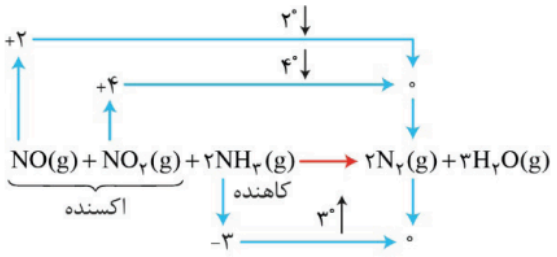
عبارت چهارم) باتوجه به آنتالپی واکنش گازهای هیدروژن و اکســـیژن در شرایط مختلف، در همه حالت‌ها، آنتالپی واکنش مقدار ثابتی است؛ زیرا آنتالپی، کمیتی ترمودینامیکی است وبه عبارت دیگر، با تغییر سرعت واکنش، مقدار و سطح اترژی واکنش‌دهنده‌ها، فراورده‌ها و در نتیجه آنتالپی واکنش تغییر نمی‌کند.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۰ عبارت‌های (آ)، (پ) و (ت) نادرست‌اند.

معادله موازنه شده واکنش انجام شده برای حذف اکسیدهای نیتروژن در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای دیزلی به صورت زیر است:



بررسی عبارت‌ها:

آ در معادله موازنه شـــده واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده برابر ۵ و مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها برابر ۴ است؛ بنابراین تفاوت مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها و مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌ها، برابر یک است، درحالی که ضریب NH_3 در این واکنش، برابر با ۲ می‌باشد.

ب همان‌طور که در معادله بالا گفتیم، در این واکنش عدد اکســـایش برخی از اتم‌های نیتروژن کاهش و عدد اکســـایش برخی از آن‌ها افزایش می‌یابد. آمونیاک در این واکنش اکسید شده و نقش کاهنده را دارد و اکسیدهای نیتروژن (NO_2, NO) هم کاهش یافته و نقش اکسنده را بازی می‌کنند.

پ

$$\text{تعداد الکترون‌های مبادله شده} = \underset{\text{ضریب } NH_3}{\downarrow ۲} \times \overset{\text{تعداد اتم } N}{\uparrow ۱} \times \underset{\text{تغییر عدد اکسایش } N \text{ در } NH_3}{\downarrow ۳} = ۶ \Rightarrow \frac{۱\,mol\,NO}{۶\,mole^-}, \frac{۲\,mol\,N_2}{۶\,mole^-}, \ldots$$

در واقع، به ازای مبادله ۶ مول الکترون در این واکنش، تفاوت جرم مصرفی NO و NO_2 برابر است با: $۱(۴۶) - ۱(۳۰) = ۱۶\,g$

بنابراین اگر ۱/۲ مول الکترون در این واکنش مبادله شود، این تفاوت جرم را می‌توانیم به صورت زیر محاسبه کنیم:

$$\text{اختلاف جرم مصرفی } NO \text{ و } NO_2 = ۱/۲\,mole^- \times \frac{\text{اختلاف جرم مصرفی } NO \text{ و } NO_2}{۶\,mole^-} = ۳/۲\,g\,NO_2 \text{ و } NO$$

ت دقت کنید که در شـــرایط STP، آب به حالت فیزیکی مایع و جامد اســـت؛ در نتیجه در این شـــرایط حجم تولیدی فراورده گازی $(۲N_2)$ کمتر از حجم مصرفی واکنش دهنده‌های گازی $(NO, NO_2, ۲NH_3)$ می‌باشد.

$$۲۲۴\,L \times \frac{۲\,mol\,N_2}{\text{واکنش‌دهنده } ۴\,mol} = ۱۱۲\,L\,N_2$$

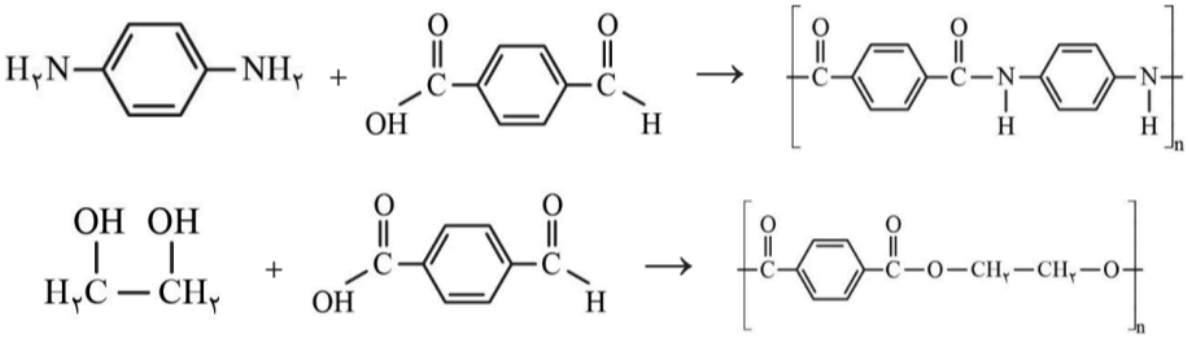
(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۱ عبارت‌های (آ) و (ت) درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

آ ساختار واحد تکرار شونده کولار و PET به صورت زیر است:



با توجه به ساختار تکرار شونده دو پلیمر، مشخص است که در هر دو آنها، ۸ اتم H متصل به اتم C یا به عبارتی دیگر، ۸ پیوند C – H وجود دارد.

ب در مولکول استیرن (C_8H_8) شمار اتم‌های C و H برابر است، اما در مولکول پارازایلن (C_8H_{10})، شمار اتم‌های C و H متفاوت است.

پ

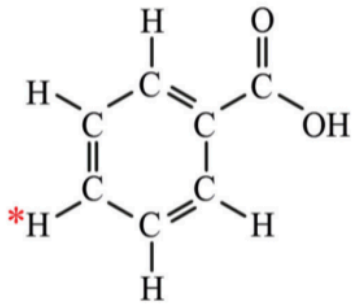
ترفتالیک اسید: $(C_8H_6O_4)$

$$\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی} = \frac{(\text{C تعداد} \times ۴) + (\text{H تعداد} \times ۱) + (\text{O تعداد} \times ۲)}{۲} = \frac{(۸\times۴)+(۶\times۱)+(۴\times۲)}{۲} = ۲۳$$

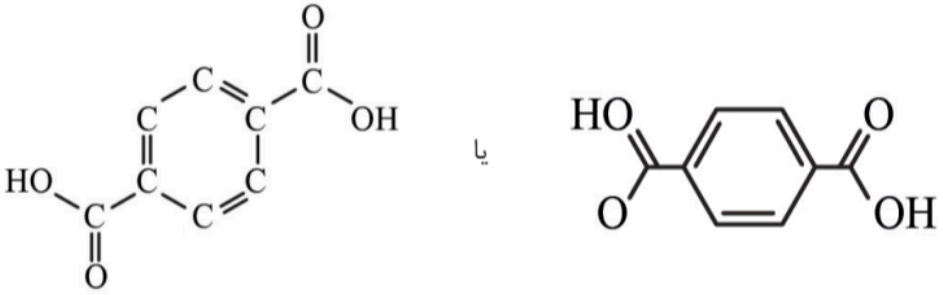
به ازای هر اتم O در ساختار ترفتالیک اسید، ۲ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد، بنابراین در ساختار هر مولکول ترفتالیک اسید $۴\times۲ = ۸$ جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{ترفتالیک اسید: } \frac{\text{شمار جفت الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار جفت الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{۲۳}{۸} < ۳$$

ت ساختار بنزوئیک اسید $(C_7H_6O_2)$ به صورت زیر است:



اگر اتم هیدروژن مشخص شده در ساختار بنزوئیک اسید را حذف و با گروه کربوکسیل جایگزین کنیم، به ساختار ترفتالیک اسید می‌رسیم:

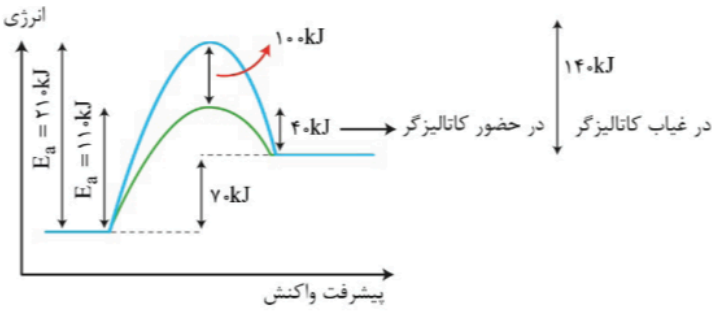


(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud

۱۵۲ عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست‌اند.

نمودار پایین، انجام واکنش را در دو حالت حضور کاتالیزگر و نبود کاتالیزگر نشان می‌دهد:



بررسی عبارت‌ها:

آ واکنش انجام شـــده، گرماگیر $(\Delta H = +۷۰kJ)$ است. دقت کنید که محتوای انرژی مواد دارای رابطه عکس با پایداری آن‌هاست، به طوری که هرچه محتوای انرژی مواد بالاتر باشـــد، پایداری آن‌ها کاهش می‌یابد؛ بنابراین در این واکنش، محتوای انرژی فراورده‌ها بالاتر و پایداری آن‌ها پایین‌تر از واکنش دهنده‌هاست.

ب انرژی فعال‌سازی برگشت در حضور و نبود کاتالیزگر به ترتیب برابر ۴۰ و ۱۴۰ کیلوژول است.

پ انرژی فعال‌ســـازی رفت در حضور و نبود کاتالیزگر به ترتیب برابر ۱۱۰ و ۲۱۰ کیلوژول اســـت؛ در نتیجه ۱۰۰ کیلوژول کاهش پیدا می‌کند:

$$\frac{\Delta E_a}{E_{a_۱}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۱۰}{۲۱۰} \times ۱۰۰ \simeq ۴۷/۶٪$$

ت در استفاده از کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت به یک اندازه کاهش می‌یابد که در این واکنش برابر $۱۰۰kJ$ است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۳ باتوجه به حجم ظرف، نخست غلظت اولیه گازهای شرکت کننده در واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$[CO_2]_{\text{اولیه}} = \frac{8\,mol}{2\,Lit} = 4\,mol.L^{-1}\ ,\ [H_2]_{\text{اولیه}} = \frac{6\,mol}{2\,Lit} = 3\,mol.L^{-1}$$

معادله واکنش موازنه شده است؛ بنابراین می‌توانیم اطلاعات مربوط به فرایند انجام شده را وارد جدول زیر کنیم:

	$CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$			
غلظت اولیه	۴	۳	۰	۰
تغییر غلظت	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
غلظت تعادلی	$4-x$	$3-x$	x	x

از آنجا که ۷۰ ٪ از مقدار اولیه گاز H_2 مصرف شده، مقدار x برابر است با: $x = \frac{70}{100} \times 3 = 2/1$

اکنون می‌توانیم غلظت‌های تعادلی گونه‌های موجود در مخلوط واکنش را به دست آوریم:

$$[CO_2]_{\text{تعادلی}} = 4 - x = 4 - 2/1 = 1/9\,mol.L^{-1}$$

$$[H_2]_{\text{تعادلی}} = 3 - x = 3 - 2/1 = 0/9\,mol.L^{-1}$$

$$[CO]_{\text{تعادلی}} = [H_2O] = x = 2/1\,mol.L^{-1}$$

در نهایت با نوشتن عبارت ثابت تعادل، مقدار K را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[CO] \times [H_2O]}{[CO_2] \times [H_2]} = \frac{2/1 \times 2/1}{1/9 \times 0/9} \simeq 2/58$$

البته توجه داشته باشید که در واکنش‌های تعادلی که تعداد مول‌های گازی در سمت معادله واکنش با هم برابر است، برای محاسبهٔ مقدار ثابت تعادل می‌توان از حجم ظرف صرف نظر کرد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۴ عبارت‌های اول و چهارم نادرست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت‌های اول و دوم) میزان تغییرات غلظت مواد شرکت کننده در واکنش، متناسب با ضرایب استوکیومتری آنهاست؛ به عبارت دیگر نسبت تغییرات غلظت به ضریب استوکیومتری برای همه مواد شرکت کننده در واکنش، یکسان است.

توجه: البته دقت کنید که جمله بالا برای مواد گازی (g) و محلول (aq) صادق است، زیرا غلظت مواد جامد (s) و مایع (l) همواره ثابت است.

لذا اگر معادله واکنش را به صورت $aA \rightleftharpoons bB + cC$ در نظر بگیریم؛ خواهیم داشت:

$$\frac{[A]}{a} = \frac{[B]}{b} = \frac{[C]}{c} \rightarrow \frac{۰/۸}{a} = \frac{۱}{b} = \frac{۰/۴}{c}$$

باتوجه به این که غلظت ماده A در طول انجام واکنش کاهش و غلظت دو ماده B و C افزایش یافته، ماده A واکنش دهنده و مواد B و C فراورده‌های واکنش هستند و معادله این واکنش تعادلی به صورت $۴A \rightleftharpoons ۵B + ۲C$ می‌باشد.

عبارت سوم) ماده B بیشترین ضریب استوکیومتری را در معادله واکنش دارد؛ لذا بیشترین سرعت تغییر غلظت را نیز داراست.

عبارت چهارم) مگه نگفتیم ماده B، بیشترین سرعت تغییر غلظت را در بین مواد شرکت کننده در واکنش داراست؟!

پس چجوری ممکنه سرعت تغییر غلظت ماده A از اون بیشتر بشه!

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۵ واکنش (I): با کاهش فشـــار سامانه تعادلی، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شـــده است؛ لذا می‌توان گفت شمار مول‌های گازی در معادله واکنش (I)، در سمت فراورده‌ها بیشتر از واکنش دهنده‌هاست.

واکنش (II): با افزایش فشـــار، غلظت همه مواد به طور لحظه‌ای افزایش یافته اســـت؛ لذا همه مواد شرکت کننده در این واکنش به حالت گازی (g) یا محلول (aq) هستند و ماده‌ای به حالت جامد (s) یا مایع (l) در واکنش شرکت نمی‌کند. از طرفی غلظت همه مواد، پس از افزایش لحظه‌ای، بلافاصله ثابت شده است؛ در نتیجه مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در دو طرف معادله واکنش، برابر و یکسان است.

واکنش (I)، به دلیل شـــمار مول‌های گازی بیشـــتر در سمت فراورده‌ها نســـبت به واکنش دهنده‌ها، در جهت رفت اغلب گرماگیر است، درواقع نماد Q در ســـمت چپ معادله واکنش قرار دارد؛ اما دقت کنید که این قانون همیشـــه صادق نیســـت! برای مثال این نکته درباره واکنش‌های $3O_2(g)+Q \rightleftharpoons 2O_3(g)$ و $N_2(g)+2H_2(g)+Q \rightleftharpoons N_2H_4(g)$ صدق نمی‌کند. چون سطح انرژی موادی ناپایداری مثل H_2O_2 ، NO ، N_2H_4 ، O_3 بسیار بالاست.

$E_{a(\text{رفت})} < E_{a(\text{برگشت})}$، تنهـــا در مورد واکنش‌های گرماگیر صدق می‌کند، در حالی که همانطور که گفتیم، واکنش (I) می‌تواند گرماده یا گرماگیر باشد!

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ همه مواد شرکت کننده در معادله واکنش (II)، به حالت گازی است و مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در دو سوی معادله واکنش، برابر است. این واکنش می‌تواند گرماده یا گرماگیر باشد:

$$N_2(g)+O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)\ ,\ \Delta H>0$$

$$H_2(g)+I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)\ ,\ \Delta H<0$$

۳ باتوجه به توضیحات گفته شده، واکنش تعادلی (II) می‌تواند «$CO(g)+H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$» باشد. دقت کنید که این معادله، موازنه شده است.

۴ همانطور که گفتیم با افزایش فشـــار (کاهش حجم) در تعادل‌های گازی، ســـرعت واکنش‌های رفت و برگشت، هر دو افزایش می‌یابند اما باتوجه به شـــمار مول‌های گازی دو طرف معادلهٔ واکنش، در لحظهٔ اعمال تغییر، ســـرعت در یک جهت بیشتر افزایش می‌یابد و تعادل در آن جهت جابه‌جا می‌شود.

همچنین در هنگام افزایش حجم (کاهش فشـــار)، اوضاع برعکســـه! در این حالت غلظت همهٔ مواد گازی و در نتیجه سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت، کاهش می‌یابد.

توجه: همانطور که گفتیم تغییر فشار (حجم)، تأثیری بر جابه‌جایی تعادل‌هایی که شمار مول‌های گازی در دو طرف معادلهٔ آن‌ها برابر است، ندارد. اما تغییر فشار (حجم) در این تعادل‌ها، می‌تواند سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را تغییر دهد.

درنتیجه می‌توان گفت که در تعادل گازی (I) با کاهش فشـــار یا افزایش حجم، ســـرعت هر دو واکنش رفت و برگشت کاهش می‌یابد اما در واکنش (II)، باتوجه به یکســـان بودن مول‌های گازی در دو طرف معادله واکنش، تعادل جابه‌جا نمی‌شود اما سرعت واکنش‌های رفت و برگشت، هر دو افزایش می‌یابد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۶ بجز عبارت اول، سایر عبارت‌ها درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت‌های اول و سوم:

نکته **از سال یازدهم به یاد دارید که واکنش تولید آمونیاک، یک واکنش دو مرحله‌ای به صورت زیر است:**

واکنش تولید آمونیاک: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ (گرماده)

مرحلهٔ اول: $N_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2H_4(g)$ (گرماگیر)

مرحلهٔ دوم: $N_2H_4(g) + 2H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ (گرماده)

لذا واکنش (II)، در جهت رفت گرماگیر ($\Delta H > 0$) است: $N_2(g) + 2H_2(g) + Q \rightleftharpoons N_2H_4(g)$ با افزایش دمای سامانه واکنش، این واکنش در جهت مصرف گرما (جهت رفت) پیش خواهد رفت؛ در نتیجه مقدار ثابت تعادل (K) آن افزایش می‌یابد و با کاهش دمای سامانه واکنش، تعادل در جهت تولید گرما (جهت برگشت) جابه‌جا خواهد شد؛ در نتیجه با جابه‌جایی تعادل، گاز هیدرازین (N_2H_4) مصرف و گازهای N_2 و H_2 تولید خواهند شد. با افزایش غلظت گازهای N_2 و H_2 (افزایش $[N_2]$ و $[H_2]$)، حاصلضرب غلظت‌های تعادلی $[N_2]$ و $[H_2]$ نیز افزایش خواهد یافت.

عبارت دوم:

در دمای $25^\circ C$، رابطه ثابت تعادل واکنش خود یونش آب به صورت زیر است:

$$K = [H^+].[OH^-] = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}\, mol^2.L^{-2}$$

توجه: در دمای ثابت، غلظت مواد جامد (s) و مایع (l) (مانند $H_2O(l)$) ثابت است و در رابطه ثابت تعادل نمی‌آید.

عبارت چهارم) همین الان گفتیم! اگه یادتون نمی‌مونه، کادر نکته زیر رو خوب بخونین:

نکته غلظت مواد جامد (s) و مایع خالص (l) ثابت است و تغییر نمی‌کند و فقط مقدار آن‌ها ممکن است در واکنش تغییر کند. بنابراین تغییر غلظت یک مادهٔ جامد یا مایع خالص هیچ‌گونه تأثیری در جابه‌جایی تعادل نخواهد داشت.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۷ گزینهٔ (۳)، برخلاف سایر گزینه‌ها نادرست است.

اگر ۵ مول H_2، ۵ مول N_2 را در یک سامانه یک لیتری وارد کنیم تا فرایند هابر انجام شود، در صورتی که بازده واکنش ۶۰٪ باشد، جدول تغییرات غلظت گونه‌های شرکت کننده در واکنش تا زمان برقراری تعادل و رابطه محاسبه ثابت تعادل (K) به صورت زیر است:

	$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$		
غلظت اولیه	۵	۵	۰
تغییر غلظت	$-x$	$-3x$	$+2x$
غلظت تعادلی	$5-x$	$5-3x$	$2x$

باتوجه به مقدار اولیه یکسان N_2 و H_2 در این فرایند، چون ضریب استوکیومتری گاز هیدروژن در معادله موازنه شده واکنش، بزرگ‌تر است، رابطه بازده درصدی را باید به کمک گاز هیدروژن حساب کنیم:

$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار واکنش‌دهنده مصرف شده}}{\text{مقدار اولیه واکنش‌دهنده}} \times 100 = \frac{3x}{5} \times 100 = 60\% \rightarrow x = 1$$

بنابراین غلظت‌های تعادلی مواد شرکت کننده در واکنش به صورت زیر خواهد بود:

$$[N_2] = 5 - x = 4\,mol.L^{-1} \;,\; [H_2] = 5 - 3x = 2\,mol.L^{-1} \;,\; [NH_3] = 2x = 2\,mol.L^{-1}$$

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3} = \frac{2^2}{4 \times 2^3} = \frac{1}{8} = 0/125\,L^2.mol^{-2}$$

بررسی سایر گزینه‌ها:

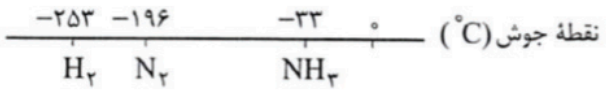
۱

توجه: با افزایش فشار (کاهش حجم)، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت، هر دو افزایش می‌یابند. علت این امر افزایش غلظت و در نتیجه افزایش تعداد برخوردهاست.

۲ واکنش تولید آمونیاک به روش هابر، یک واکنش تعادلی گرماده است؛ در نتیجه افزایش دما باعث جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت و کاهش مقدار آمونیاک و مقدار ثابت تعادل واکنش می‌شود. از طرفی با مصرف شدن آمونیاک و انجام واکنش در جهت برگشت، گازهای H_2 و N_2 تولید شده و مقدار آنها افزایش خواهد یافت.

بعلاوه باید توجه کنیم که تغییرات غلظت این سه ماده باید متناسب با ضرایب استوکیومتری آنها در معادله واکنش باشد. باتوجه به نمودار، میزان تغییرات غلظت گازهای N_2، H_2 و NH_3 به ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۶، ۰/۴ مول بر لیتر است که متناسب با ضرایب استوکیومتری آنهاست. همچنین مصرف گاز NH_3 و تولید گازهای N_2 و H_2، نشان دهنده جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت است.

۴ در پایان فرآیند هابر، در ظرف تعادلی، مخلوطی از گازهای آمونیاک، هیدروژن و نیتروژن را داریم که برای جداسازی آنها از تفاوت نقطه جوش آن‌ها بهره می‌بریم. چون نقطه جوش آمونیاک $(-33^\circ C)$ اختلاف زیادی با نقطه جوش هیدروژن $(-253^\circ C)$ و نیتروژن $(-196^\circ C)$ دارد، با رساندن دمای سامانه به نقطه جوش آمونیاک، این ماده به صورت مایع از مخلوط خارج می‌شود.



(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۸ معادله موازنه شده واکنش تعادلی انجام شده به صورت زیر است:

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

طبق اطلاعات سوال، مقدار اولیه گازهای N_2 و H_2 و مقدار تعادلی گاز NH_3 را داریم؛ لذا باتوجه به آن می‌توانیم غلظت‌های مولی گازهای N_2 و H_2 اولیه و غلظت مولی گاز NH_3 را به دست آورده و سپس با نوشتن جدول برای فرایند انجام شده، غلظت‌های تعادلی N_2 و H_2 را نیز حساب می‌کنیم:

$$\text{غلظت‌های اولیه } N_2 \text{ و } H_2 \begin{cases} [H_2] = \frac{n}{V} = \frac{8}{4} = 2\,mol.L^{-1} \\ [N_2] = \frac{n}{V} = \frac{\frac{168}{28}}{4} = 1/5\,mol.L^{-1} \end{cases}$$

$$\text{غلظت تعادلی } NH_3 : [NH_3] = \frac{n}{V} = \frac{\frac{68}{17}}{4} = 1\,mol.L^{-1}$$

	$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$		
غلظت اولیه	۱/۵	۲	۰
تغییر غلظت	$-x$	$-3x$	$2x$
غلظت تعادلی	$1/5 - x$	$2 - 3x$	$2x$

غلظت تعادلی گاز NH_3، $1\,mol.L^{-1}$ است؛ در نتیجه داریم:

$$2x = 1 \rightarrow x = 0/5 \begin{cases} \text{غلظت تعادلی } H_2 : [H_2] = 2 - 3x = 0/5\,mol.L^{-1} \\ \text{غلظت تعادلی } N_2 : [N_2] = 1/5 - x = 1\,mol.L^{-1} \end{cases}$$

اکنون به راحتی می‌توانیم مقدار ثابت تعادل (K) واکنش را محاسبه کنیم:

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3} = \frac{1^2}{1 \times (0/5)^3} = 8\,mol^{-2}.L^2$$

باتوجه به مقدار اولیه N_2 و H_2 در این فرایند و همچنین ضریب استوکیومتری گاز هیدروژن در معادله موازنه شده واکنش، رابطه بازده درصدی را باید به کمک گاز هیدروژن حساب کنیم:

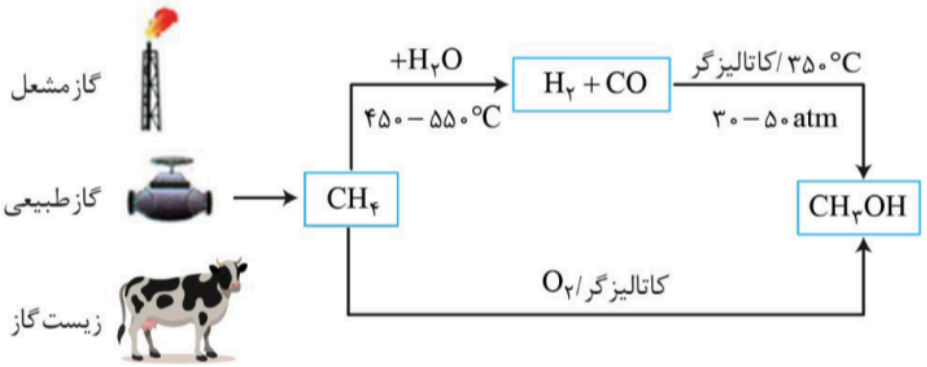
$$\text{بازده درصدی واکنش} = \frac{\text{مقدار واکنش دهنده مصرف شده}}{\text{مقدار اولیه واکنش دهنده}} \times 100 = \frac{3x}{2} \times 100 = \frac{3(0/5)}{2} \times 100 = 75 \text{ درصد}$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵۹ عبارت‌های دوم و چهارم درست اما عبارت‌های اول، سوم و پنجم نادرست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:



در مرحله نخست روش غیرمستقیم، گاز متان و بخار آب با هم واکنش می‌دهند. دقت کنید که در این واکنش، گازهای هیدروژن و کربن مونوکسید تولید می‌شوند.

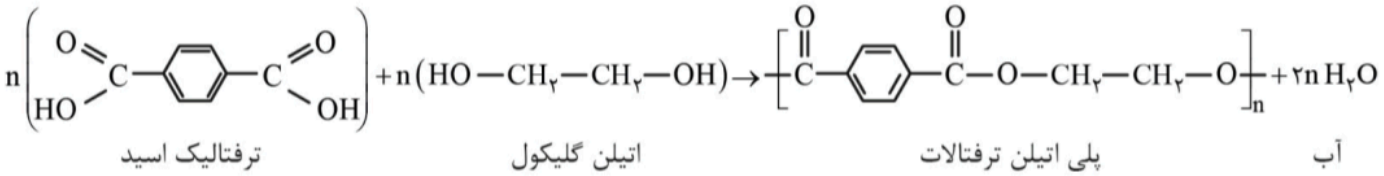
CO و H_2 در مرحله دوم، به متانول تبدیل می‌شوند.

مرحله اول: $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + H_2$

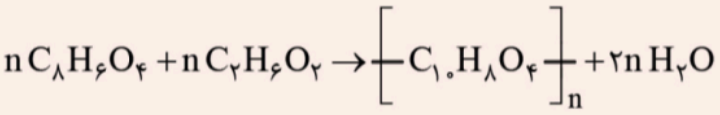
مرحله دوم: $CO + H_2 \rightarrow CH_3OH$

باتوجه به مطالب گفته شده، فرمول مولکولی اتیلن گلیکول $C_2H_6O_2$ و فرمول مولکولی ترفتالیک اسید $C_8H_6O_4$ می‌باشد و واحد تکرار شوندهٔ PET ($(C_{10}H_8O_4)_n$) ۲۲ اتم دارد.

از واکنش میان شمار زیادی از مولکول‌های اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید در شرایط مناسب، پلی اتیلن ترفتالات تولید می‌شود.



تذکر واکنش تهیهٔ پلی اتیلن ترفتالات از مونومرهای سازندهٔ آن را می‌توان به صورت زیر نیز نمایش داد:



لذا می‌توان نتیجه گرفت که در این واکنش، n مول ترفتالیک اسید با n مول اتیلن گلیکول واکنش می‌دهند و یک مول PET و $2n$ مول آب تولید می‌شود. از طرفی واحد تکرار شوندهٔ PET، ۲۸ پیوند کووالانسی دارد.

$$\frac{\text{۷۰۰۰ پیوند}}{28n \times N_A} = \frac{x\ H_2O\ \text{مولکول}}{2n \times N_A} \rightarrow x = 500\ H_2O\ \text{مولکول}$$

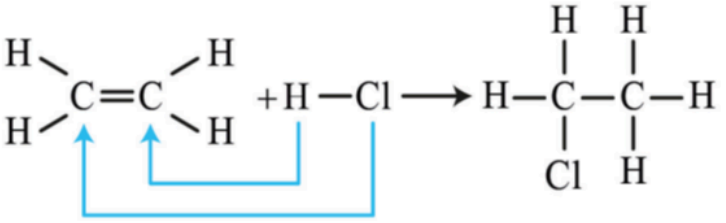
(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud

۱۶۰

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ با افزایش گاز هیدروژن کلرید (HCl) به اتن، هالوآلکان ۱- کلرواتان (یا همون کلرواتان!) به دست می‌آید. در این واکنش اتم‌های H و Cl به پیوند دوگانهٔ کربن – کربن اضافه می‌شوند:



کلرواتان

توجه: به آلکانی که یک یا چند اتم هیدروژن آن با یک یا چند اتم هالوژن جایگزین شده باشد، هالوآلکان می‌گویند.

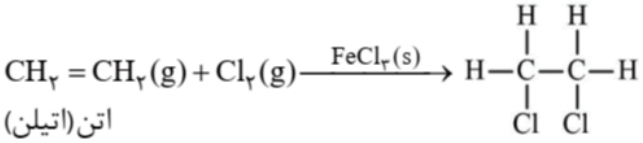
واکنش بالا را می‌توان به صورت روبه‌رو هم نشان داد:

$$C_2H_4(g) + HCl(g) \rightarrow C_2H_5Cl(g)$$

اتن — کلرواتان

از کلرواتان در افشانهٔ بی‌حس کنندهٔ موضعی استفاده می‌شود.

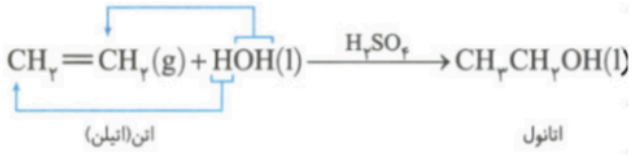
توجه: از واکنش گاز سمی و زردرنگ کلر ($Cl_2(g)$) با گاز اتن در حضور کاتالیزگر آهن (III) کلرید جامد $[FeCl_3]$، ۱، ۲- دی کلرواتان به دست می‌آید.



اتن (اتیلن)

۱،۲- دی کلرواتان

۲ دیگه زبونمون مو درآورد! از واکنش اتن با آب در حضور محیط اسیدی، اتانول که الکلی یک عاملی است، به دست می‌آید.



اتن (اتیلن) — اتانول

۴ نوچ! کاتالیزگر تبدیل گاز اتن به گاز اتان، نیکل جامد ($Ni(s)$) است.

$$CH_2 = CH_2(g) + H_2(g) \xrightarrow{Ni(s)} CH_3 - CH_3(g)$$

اتن (اتیلن) — اتان

جمع‌بندی واکنش افزایشی آلکن‌ها:

فراورده حاصل	فرایند انجام شده	واکنش دهنده
آلکان (C_nH_{2n+2})	ترکیب با هیدروژن $\xrightarrow[\text{در حضور کاتالیزگر نیکل } (Ni(s))]{+H_2(g)}$	آلکن (C_nH_{2n})
الکل $(C_nH_{2n+1}OH)$	ترکیب با آب $\xrightarrow[\text{در حضور کاتالیزگر اسیدی (مانند } H_2SO_4)]{+H_2O(l)}$	
هالو آلکان $(C_nH_{2n+1}X)$	ترکیب با هیدروژن هالید $\xrightarrow{+HX \text{ (هیدروژن هالید)}}$	
هالو آلکان $(C_nH_{2n}X_2)$	ترکیب با هالوژن‌ها $\xrightarrow{+X_2 \text{ (هالوژن)}}$	
پلیمر افزایشی $(C_nH_{2n})_m$	پلیمری شدن $\xrightarrow{\text{پلیمری‌شدن (در دما و فشار بالا)}}$	

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir
www.konkur.com

۱۶۱ تنها عبارت (ت) نادرست است.

بررسی عبارت‌ها:

آ در واکنش پودر آلومینیم و سدیم هیدروکسید با آب، همانند واکنش میان بخار آب با گاز متان، گاز هیدروژن تولید می‌شود.

$$\text{NaOH, Al مخلوط} + \text{آب} \rightarrow \text{گاز هیدروژن} + \text{فراورده‌های دیگر}$$

$$CH_4 + H_2O \longrightarrow \underbrace{CO + H_2}_{\text{مواد اولیه تولید متانول}}$$

ب

منابع تولید گاز متان CH_4

- گاز مشعل 
- گاز طبیعی 
- زیست گاز 

پ

عدد اکسایش اتم C در متانول (CH_3OH) : $X + (-2) + 4(+1) = 0 \rightarrow X = -2$

عدد اکسایش هر کدام از اتم‌های C در اتیلن گلیکول $(C_2H_6O_2)$: $2X + 2(-2) + 6(+1) = 0 \rightarrow X = -1$

ت بسیاری از پلیمرها، مانند پلی اتن، پلی پروپن و ... سیر شده‌اند و حتی در شرایط مناسب نمی‌توانند با متانول واکنش دهند!

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۶۲ همه عبارت‌های داده شده درست‌اند.

چون معادله‌های (a) و (b) موازنه شده‌اند، می‌توانیم در ماده A و B رو تعیین تکلیف کنیم:

$$a)\ C_6H_6 + H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow C_6H_5OH + \underbrace{Na_2SO_3}_{\text{ماده A}} + 2H_2O$$

$$b)\ C_6H_6 + C_3H_6 + O_2 \rightarrow C_6H_5OH + \underbrace{C_3H_6O}_{\text{ماده B}}$$

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول)

$$A: Na_2SO_3 \quad \begin{bmatrix} 2Na^+ \\ SO_3^{2-} \end{bmatrix} \Rightarrow \frac{\text{تعداد کاتیون}}{\text{تعداد آنیون}} = \frac{2}{1} = 2$$

عبارت دوم)

B، همون استون (C_3H_6O) خودمونه! چهارمین عضو خانواده آلکان‌های راست زنجیر هم که بوتان (C_4H_{10}) عه!

$$C_3H_6O \text{ جرم مولی}: 3(12) + 6(1) + 1(16) = 58\,g.mol^{-1}$$

$$C_4H_{10} \text{ جرم مولی}: 4(12) + 10(1) = 58\,g.mol^{-1}$$

عبارت سوم)

$$(C_6H_5OH) \text{ شمار پیوندهای اشتراکی در فنول} = \frac{(C \text{ تعداد} \times 4) + (H \text{ تعداد} \times 1) + (O \text{ تعداد} \times 2)}{2} = \frac{(6\times4) + (6\times1) + (1\times2)}{2} = 16$$

مولکول فنول (C_6H_5OH)، دو جفت الکترون ناپیوندی روی اتم اکسیژن دارد. پس نسبت شمار جفت الکترون‌های پیوندی نسبت شمار جفت الکترون‌های ناپوندی در مولکول فنول برابر با ۴ می‌باشد.

$$\frac{\text{شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی}}{\text{شمار الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{16}{2\times2} = 4$$

عبارت چهارم) در واکنش (a) هر دو فراوردهٔ Na_2SO_3 و H_2O پسماند هستند و کاربردی ندارند و نمی‌توان از آن‌ها استفاده‌ای کرد ولی در واکنش (b) فراوردهٔ C_3H_6O یک حلال صنعتی است (استون)که ماده‌ای ارزشمند می‌باشد.

از این رو براســـاس اصول شیمی ســـبز، واکنش (b) از دیدگاه اتمی صرفهٔ اقتصادی دارد؛ زیرا تمام اتم‌های واکنش دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شده‌اند.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۶۳ جمله داده شـــده نادرست اســـت. هوای آلوده حاوی آلاینده‌هایی است که اغلب بی‌رنگ هســـتند و نمی‌توان به سادگی به وجود آن‌ها را تشخیص داد.

حال باید عبارت‌ها را یکی یکی بررسی کنیم و به دنبال عبارت‌های نادرست باشیم:

نوع آلاینده‌ها و مقدار هریک از آنها در شهرهای گوناگون متفاوت است. ✘

دقت کنید که دیگر پرتوهای الکترومغناطیسی مانند امواج رادیویی نیز می‌توانند با ماده برهم کنش داشته باشند. ✘

فرمول شیمیایی CH_4O را تنها به متانول (CH_3OH) نسبت داد؛ در نتیجه تنها یک طیف فروسرخ را می‌توان برای آن در نظر گرفت. ✓

یکی از رایج‌ترین روش‌های طیف‌سنجی که برای شناسایی گروه‌های عاملی به کار می‌رود، طیف‌سنجی فروسرخ نام دارد. باتوجه به اینکه شمار و نوع اتم‌های سازنده هر گروه عاملی متفاوت از دیگری است، هریک از آنها تنها گستره معین و منحصر به فردی از پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کنند. همین تفاوت، اساس شناسایی گروه‌های عاملی از یکدیگر است. دقت کنید که آلکان‌ها فاقد گروه عاملی هستند؛ بنابراین نمی‌توان از طیف‌سنجی فروسرخ برای شناسایی آن‌ها استفاده نمود. ✘

مشاوره برای دانش‌آموزانی که کتاب درســـی را با تمام جزئیات مطالعه می‌کنند، این ســـؤال، ســـؤال نسبتاً ســـاده‌ای است. اما برای دانش‌آموزانی که از جزئیات کتاب درسی مانند زیرنویس شکل‌های کتاب درسی و تمرین‌های آن به سادگی رد می‌شوند، این سؤال شاید باعث سردرگمی آن‌ها شود. پس برای موفقیت در شیمی، باتوجه و دقت کتاب درسی را بارها و بارها دوره کنید و به تمام قسمت‌های آن توجه کنید.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۱۶۴ **گام اول:** ابتدا جدول تغییرات مول مواد را رسم می‌کنیم.

$$2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$$

	$2NO_2$	$2NO$	O_2
مول اولیه	۲/۴	۰	۰
تغییرات برحسب مول در ظرف تعادل	$-2x$	$2x$	$+x$
مول نهایی	$2/4-2x$	$2x$	x

تعداد مولکول‌های O_2 = تعداد مولکول‌های NO_2 $\rightarrow +x = 2/4 - 2x \rightarrow 2/4 = 3x \rightarrow x = 0/8 mol$

گام دوم: اکنون با ثابت تعادل این واکنش حجم ظرف را محاسبه می‌کنیم.

$$k = \frac{[O_2]\times[NO]^2}{[NO_2]^2} = \frac{\frac{0/8}{V}\times(\frac{1/4}{V})^2}{(\frac{0/8}{V})^2} = \frac{0/8\times1/6\times1/6}{0/8\times0/8}\times\frac{1}{V} = \frac{3/2}{V} = 16 \rightarrow V = 0/2 lit = 200 mL$$

گام سوم: به منظور محاسبه سرعت واکنش از سرعت ماده‌ای استفاده می‌کنیم که ضریب آن برابر با یک باشد. (O_2)

$$\overline{R}O_2 = \frac{\Delta hO_2}{\Delta t\times V} = \frac{0/8 mol}{120 s\times0/2 L}\times\frac{60 s}{1 min} = 2 mol.l^{-1}.min^{-1}$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۶۵ تنها عبارت آ درست است.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت آ) در فرآیند هابر مطابق با اصل لوشاتلیه با افزایش فشار، تعادل به سمت تولید فرآورده (NH_3) پیش می‌رود. یعنی در صورت یکسان بودن باقی شرایط درصد مولی NH_3 با فشار سامانه رابطه مستقیم دارد. در نتیجه بایستی محور A از محور B به علت فشار بیشتر بالاتر باشد.

فرآیند هابر نوعی فرآیند گرماده است. در این فرایند با افزایش دما فرآورده (NH_3) مصرف می‌شود و درصد مولی آن کاهش می‌یابد.

عبارت ب) دقت کنید که ثابت تعادل تنها به دما وابسته است و نباید دمای یکسان ثابت تعادل تفاوتی بکند. یعنی دو نمودار بایستی بر هم منطبق شوند!

عبارت پ) از آنجایی که در فرآیند هابر واکنش دهنده‌ها گازی هستند، با افزایش فشار غلظت مواد و به تبع آن سرعت نیز افزایش می‌یابد. پس در دمای یکسان سرعت تولید NH_3 در حالت A از B بیشتر می‌شود.

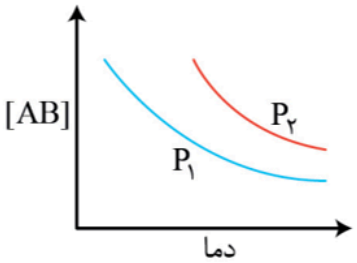
نکته در واکنش‌های تعادلی چه واکنش گرماگیر باشد و چه گرماده، با افزایش دما، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت افزایش می‌یابد و پس از برقراری تعادل جدید با یکدیگر برابر خواهند بود.

باتوجه به نکته فوق نمودارها بایستی صعودی باشند زیرا با افزایش دما سرعت تولید NH_3 افزایش می‌یابد.

عبارت ت) همانطور که گفتیم ثابت تعادل تنها به دما بستگی دارد با عوامل دیگر تغییر نمی‌کند.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۶۶ باتوجه به اینکه ثابت تعادل واکنش با افزایش دما کاهش یافته نتیجه می‌گیریم که واکنش با افزایش دما در جهت مصرف واکنش دهنده‌ها جابه‌جا شده، پس واکنش ما گرماده بوده، از طرفی باتوجه به اینکه یکای ثابت تعادل $L.mol^{-1}$ بوده است نتیجه می‌گیریم که در عبارت ثابت تعادل توان مخرج کسر بزرگتر بوده پس مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش دهنده‌های واکنش انجام شده از مجموع ضرایب فراورده‌ها بیشتر است، حال به بررسی گزاره‌ها می‌پردازیم:



گزاره اول: درست است، زیرا واکنش گرماده بوده و ΔH آن منفی است، در واکنش‌های گرماده مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها از مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها کمتر است.

گزاره دوم: درست است، افزایش دما واکنش را در جهت برگشت جابه‌جا می‌کند و غلظت فراورده‌ها را کاهش می‌دهد. باتوجه به نمودار زیر مربوط به تمرین کتاب درسی، این کاهش غلظت در فشارهای بالاتر بیشتر است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۶۷ عبارت‌های «الف»، «ب» و «ث» درست هستند.

بررسی همه عبارت‌ها:

عبارت الف) متن کتاب درسی!!

عبارت ب) مطابق با کتاب درسی، استخراج و خالص‌سازی مواد تأثیر بسزایی بر قیمت آن‌ها دارد به طوری که قیمت یک تن مس با خلوص ۹۹/۹ درصد نسبت به یک تن مس با خلوص ۹۶ درصد به مراتب بیشتر است.

عبارت پ) گروه‌های عاملی آرایش منظمی از اتم‌ها هستند که به ترکیب آلی دارای خود خواص و رفتار ویژه‌ای می‌دهند. به طور کلی ساخت ماده آلی جدید با تغییر در تعداد و یا نوع گروه‌های عاملی ماده اولیه می‌باشد.

عبارت ت) به منظور تولید کلرواتان که در افشانه بی‌حسی کاربرد دارد از واکنش زیر استفاده می‌شود.

$$C_2H_4(g) + HCl(g) \rightarrow C_2H_5Cl(g)$$

اما نام $HCl(g)$ ، هیدروژن کلرید است نه گاز هیدروکلریک اسید

تذکر نام ترکیبات HA (A هالوژن) می‌تواند متفاوت باشد.

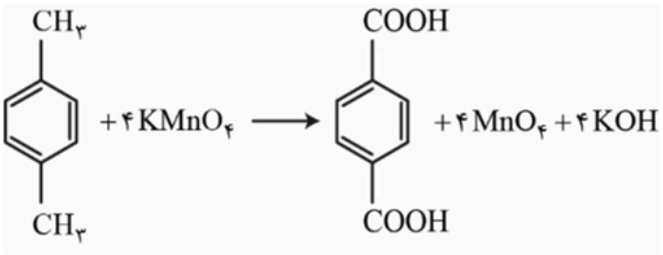
در حالت محلول: هیدروهالیک اسید (هیدروفلوئوریک اسید)

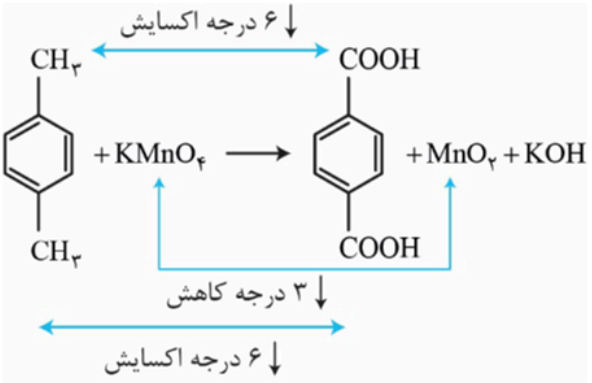
در حالت گازی: هیدروژن هالید (هیدروژن فلوئورید)

عبارت ث) با تبدیل الکل به کربوکسیلیک اسید عدد اکسایش کربن متصل به گروه هیدروکسیل افزایش یافته (اکسایش می‌یابد) و برای این عمل به اکسنده قوی نیاز داریم.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۱۶۸ **گام اول)** ابتدا واکنش موردنظر با اکسایش – کاهش موازنه می‌کنیم.





باتوجه به نسبت ۱۲ و ۳ واکنش موازنه شده به صورت زیر خواهد بود:

گام دوم) ابتدا غلظت ppm اولیه یون پرمنگنات را محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{ppm \times d}{\text{جرم مولی} \times 1000} \rightarrow 0/08 = \frac{ppm \times 1}{1000 \times 119} \rightarrow ppm\ \text{اولیه} = 9520$$

گام سوم) اکنون میزان تغییرات ppm یون پرمنگنات را محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{\text{جرم ترفتالیک اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\Delta ppm \times \text{جرم محلول} \times 10^{-6} \times \frac{80}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \rightarrow \frac{3/32}{1 \times 166} = \frac{x \times 2000 \times 10^{-6}}{1 \times 119} \xrightarrow{\times \frac{80}{100}} x = 952$$

$$ppm\ \text{نهایی} = 4760 - 952 = 3808 ppm$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۶۹ عبارت‌های دوم و پنجم درست است.

بررسی عبارت‌ها:

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

نکته گیاهان با جوی سرشار از گاز نیتروژن احاطه شده‌اند اما نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به طور مستقیم از هوا جذب کنند. از این رو، باید نیتروژن را به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود.

عبارت دوم: در برخی از کشورها برای افزایش بازده فراورده‌های کشاورزی، آمونیاک مایع را به عنوان کودشیمیایی به طور مستقیم به خاک تزریق می‌کنند. بدیهی است درصد جرمی N در آمونیاک در مقایسه با سایر کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن (کودهای آمونیوم‌دار مثل آمونیوم نیترات و ...) بیشتر است.

عبارت سوم: در دمای اتاق، واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه پیش نمی‌رود.

تذکر برخلاف واکنش $N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g)$، واکنش $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$ با وجود انرژی فعال‌سازی بالا، در دمای اتاق در حضور جرقه یا کاتالیزگر (پودر روی یا توری پلاتینی) به صورت سریع یا انفجاری انجام می‌شود.

عبارت چهارم: واکنش‌پذیری NH_3 از N_2 بیشتر است اما دلیل این موضوع قطبی بودن آمونیاک یا ناقطبی بودن نیتروژن نیست. در ضمن گاز هیدروژن واکنش‌پذیری بیشتر در مقایسه با NH_3 دارد.

عبارت پنجم: فرمول شیمیایی آمونیاک NH_3 و فرمول شیمیایی اوره $CO(NH_2)_2$ است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۷۰ در تعادل $Pb(OH)_2(s)\rightleftharpoons Pb^{2+}(aq)+2OH^-(aq)$، ثابت تعادل برابر است با: $K=[Pb^{2+}]\times[OH^-]^2$

تذکر غلظت مواد جامد (s) و مایع (l) خالص در دمای معین، ثابت است و تغییر نمی‌کند. بنابراین غلظت این مواد در محاسبهٔ مقدار ثابت تعادل (K) لحاظ نمی‌شود.

اگر غلظت تعادلی یون $Pb^{2+}(aq)$ را x مولار در نظر بگیریم، غلظت تعادلی یون $OH^-(aq)$، 2x مولار خواهد بود. (به ضرایب استوکیومتری این مواد دقت فرمایید.)

$$\rightarrow x\times(2x)^2=3/2\times10^{-14}\rightarrow 4x^3=32\times10^{-15}\rightarrow x=2\times10^{-5}$$

بنابراین در محلول سیرشده و در حالت تعادل از یون سرب (II)، غلظت این یون 2×10^{-5} مول بر لیتر می‌باشد. اکنون با استفاده از رابطه زیر غلظت Pb^{2+} را بر حسب ppm تعیین می‌کنیم.

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{ppm}\times d}{1000M}\qquad 2\times10^{-5}=\frac{\text{ppm}\times1}{1000\times207}\Rightarrow \text{ppm}=4/14$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۷۱ افزایش جرم مواد جامد موجود در ظرف واکنش ناشی از اضافه شدن اتم‌های اکسیژن به اتم‌های آهن و تولید ترکیب $Fe_3O_4(s)$ است، افزایش جرم به اندازه ۳۲ گرم به معنی اضافه شدن ۳۲ گرم اتم اکسیژن به آهن است.

$$۳۲gO\times\frac{۱molO}{۱۶gO}\times\frac{۱molH_2O}{۱molO}=۲molH_2O$$

پس در کل ۲ مول بخار آب مصرف شده و باتوجه به ضرایب استوکیومتری ۲ مول گاز هیدروژن نیز تولید شده است، مول اولیه بخار آب را m در نظر می‌گیریم و داریم:

$$\begin{matrix}۳Fe(s)+۴H_2O(g)&\rightleftarrows&Fe_3O_4(s)+۴H_2(g)\\ m-۴x&&۴x\end{matrix}$$

مقدار $۴x$ برابر با ۲ است، پس مقدار x نیز برابر با ۰/۵ است.

باتوجه به اینکه مجموع جرم گازها در حالت تعادل برابر با ۱۱/۲ گرم شده است داریم:

$$\left[۲molH_2\times\frac{۲gH_2}{۱molH_2}\right]+\left[(n-۴x)molH_2O(g)\times\frac{۱۸gH_2O(g)}{۱molH_2O(g)}\right]=۱۱/۲g\xrightarrow{x=۰/۵}n=۲/۴mol$$

مقدار اولیه بخار آب ۲/۴ مول بوده و مقدار آن در حالت تعادل برابر با ۰/۴ مول است. حال ثابت تعادل را می‌نویسیم. دقت شود چون مجموع ضرایب استوکیومتری مواد شرکت کننده در صورت (فراوردهٔ گازی) با مواد شرکت کننده در مخرج عبارت ثابت تعادل (واکنش دهندهٔ گازی) برابر است، پس مقدار حجم ظرف واکنش بی تاثیر است و آن را V فرض می‌کنیم و داریم:

$$K=\frac{(\frac{۲}{V})^۴}{(\frac{۰/۴}{V})^۴}=۶۲۵$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۷۲ واکنش را نوشته و مول آغازی، تغییر مول و مول نهایی مواد آن را مشخص می‌کنیم:

$$۲SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons ۲SO_3(g)$$

مول اولیه	a	b	۰
تغییرات	$-۲x$	$-x$	$+۲x$
مول تعادلی	$a-۲x$	$b-x$	$۲x$

نکته تغییر مواد مول متناسب با ضرایب استوکیومتری آنهاست.

$$\begin{cases}a+b=۷/۲mol\\ \frac{n_{SO_2}+n_{O_2}}{n_{مخلوط}}=\frac{(a-۲x)+(b-x)}{(a-۲x)+(b-x)+۲x}=\frac{a+b-۳x}{a+b-x}\times۱۰۰=۸۰\\ \xrightarrow{a+b=۷/۲}\frac{۷/۲-۳x}{۷/۲-x}=\frac{۴}{۵}\rightarrow ۱۱x=۷/۲\rightarrow x\simeq۰/۶۵\end{cases}$$

بنابراین در لحظهٔ تعادل، مجموعاً $a+b-x$ مول گاز در طرف واکنش وجود دارد. باتوجه به مقدار $a+b$ و مقدار x داریم:

$$\text{مجموع مول گازها هنگام تعادل}=a+b-x=۷/۲-۰/۶۵=۶/۵۵mol$$

نکته حجم ظرف داده‌ای بی تأثیر در حل سوال است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۷۳

$$A(g)+B(g)\rightleftharpoons 2C(g) \qquad K=0/4$$

غلظت اولیه	۲	۱۱	۰
تغییرات	$-x$	$-x$	$+2x$
غلظت تعادلی	$2-x$	$11-x$	$2x$

$$K=\frac{[C]^2}{[A]\times[B]}\rightarrow\frac{(2x)^2}{(2-x)(11-x)}=0/4=\frac{1}{2/5}$$

$$\rightarrow 10x^2=x^2-13x+22\rightarrow 9x^2+13x-22=0\Rightarrow(x-1)(9x+22)=0$$

$x=1$ ✓

$x=\frac{-22}{9}$ ✗

بنابراین به اندازه ۲ mol گاز C تولید شـــده اســـت. این مقدار در واقع، مقدار فراوردهٔ عملی این فرایند را نشان می‌دهد. اما مقدار نظری C چقدر اســـت؟ مقدار نظری C را باید به کمک واکنش دهنده‌ای که مول کمتری در آغاز واکنش داشـــته است و کمتر اضافه مانده است به دست بیاوریم؛ پس از مول اولیهٔ A به مول نظری C (که انتظار داشتیم تولید شود) می‌رسیم.

$$2\,mol\,A\times\frac{2\,mol\,C}{1\,mol\,A}=4\,molC \text{ مول نظری}$$

$$\Rightarrow \text{بازده‌درصدی}=\frac{\text{مقدار (مول) عملی فراورده}}{\text{مقدار (مول) نظری فراورده}}\times 100=\frac{2\,mol}{4\,mol}\times 100=50\%$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۷۴

برای حل کردن این مســـئله می‌توان در ابتدا فرض کرد که واکنش به طور کامل انجام می‌شـــود. به این ترتیب، مقدار نظری فرآورده‌های (مورد انتظار) واکنش برابر است با:

$$60\,g\,AB\times\frac{1\,mol\,AB}{120\,g\,AB}\times\frac{1\,mol\,A}{1\,mol\,AB}=0/5\,mol\,A$$

توجه داشته باشید که باتوجه به یکسان بودن ضرایب مولی A و B در این واکنش، مقدار نظری B نیز ۰/۵ مول خواهد بود.

حال می‌توان مقدار عملی (واقعی) فرآورده‌های تولید شده را باتوجه به مقدار ثابت تعادل به دست آورد:

توجه داشته باشید که AB جامد است و در رابطه K نوشته نمی‌شود.

$$K=[A]\times[B]\xrightarrow{[A]=[B]}1/6\times10^{-3}=[A]^2\Rightarrow[A]=0/04\,mol.L^{-1}$$

بنابراین مقدار مول گاز A تولید شده در طی انجام واکنش نیز برابر است با:

$$5\,L\,\text{گاز}\times\frac{0/04\,mol\,A}{1\,L\,\text{گاز}}=0/2\,mol\,A \quad \text{مقدار عملی}$$

به این ترتیب بازده درصدی واکنش عبارت است از:

$$\text{بازده‌درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times 100\Rightarrow\text{بازده‌درصدی}=\frac{0/2}{0/5}\times 100=\%40$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۷۵ برای حل کردن این مسئله می‌توان در ابتدا فرض کرد که واکنش به طور کامل انجام می‌شود. به این ترتیب، مقدار نظری فرآورده‌های (مورد انتظار) واکنش برابر است با:

$$۶۰\,g\,AB\times\frac{۱\,mol\,AB}{۱۲۰\,g\,AB}\times\frac{۱\,mol\,A}{۱\,mol\,AB}=۰/۵\,mol\,A$$

بخار اتانول طبق تعادل: $C_۲H_۵OH(g)\rightleftharpoons C_۲H_۴(g)+H_۲O(g)$ به بخار اتن و بخار آب تبدیل می‌شود. از آنجا که ضریب مولی اتن و بخار آب در این معادله یکسان است، در صورتی که فرض شود در این تعادل x مول گاز اتن تولید شده باشد، پس x مول نیز بخار آب آزاد شده است؛ پس می‌توان x را به صورت پایین محاسبه کرد:

$$\text{اختلاف جرم فراورده‌ها}=C_۲H_۴\text{ جرم}-H_۲O\text{ جرم}=۲۸x-۱۸x=۱۰x=۲۵\rightarrow x=۲/۵\,mol$$

بنابراین غلظت تعادلی $C_۲H_۴(g)$ و $H_۲O(g)$ هر دو برابر $\frac{۲/۵}{۱۰}=۰/۲۵$ مول بر لیتر می‌باشد. باتوجه به مقدار ثابت تعادل، مقدار اتانول برابر است با:

$$K=\frac{[C_۲H_۴]\times[H_۲O]}{[C_۲H_۵OH]}\rightarrow ۶/۲۵\times۱۰^{-۲}=\frac{(۰/۲۵)^۲}{[C_۲H_۵OH]}$$

$$\rightarrow[C_۲H_۵OH]=۱\,mol.L^{-۱}\Rightarrow C_M=\frac{n}{V}=\frac{\frac{m}{M}}{V}\Rightarrow ۱=\frac{\frac{m_{C_۲H_۵OH}}{۴۶}}{۱۰}\rightarrow m_{C_۲H_۵OH}=۴۶۰\,g$$

پس ترکیب اجزای در حال تعادل به صورت زیر بوده و درصد جرمی اتانول برابر است با:

$$\text{مخلوط نهایی}\begin{cases}C_۲H_۴\rightarrow ۲/۵\,mol\times\frac{۲۸\,g}{۱\,mol}=۷۰\,g\\ H_۲O\rightarrow ۲/۵\times\frac{۱۸\,g}{۱\,mol}=۴۵\,g\\ C_۲H_۵OH\rightarrow ۴۶۰\,g\end{cases}$$

$$\rightarrow\text{درصد جرمی اتانول}=\frac{۴۶۰\,g}{۷۰\,g+۴۵\,g+۴۶۰\,g}\times۱۰۰=\%۸۰$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۷۶ دمای اولیه ($۳۹۰K = ۱۱۷^\circ C$) نسبت به دمای ثانویه ($۱۹۵^\circ C$) کمتر و بازده واکنش در حالت اول بالاتر است. پس در این تعادل، با افزایش دما، بازده درصدی واکنش کاهش یافته است. این یافته از ویژگی‌های یک تعادل شیمیایی گرماده می‌باشد.

غلظت اولیهٔ A (پیش از فرا رسیدن تعادل) برابر $\frac{۸mol}{۴L} = ۲$ مولار می‌باشد. باتوجه به اینکه در تعادل (۱) بازده درصدی واکنش ۸۰٪ بوده است، پس می‌توان نتیجه گرفت غلظت واکنش دهنده (A) به اندازهٔ ۸۰ درصد کاهش می‌یابد و در لحظهٔ تعادل به $(۲M \times \frac{۲۰}{۱۰۰} = ۰/۴)$ مولار می‌رسد.

تعادل (۱)

$$۲A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$$

غلظت اولیه	۲	۰	۰
تغییرات غلظت	$-۲x$	$+x$	$+x$
غلظت تعادلی	$۲-۲x$	x	x

$$۲-۲x = ۰/۴ \rightarrow x = ۰/۸ \rightarrow [B] = [C] = ۰/۸ mol.L^{-۱}$$

پس مقدار $K_۱$ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{[B]\times[C]}{[A]^۲} = \frac{۰/۸ \times ۰/۸}{۰/۴^۲} = ۴$$

در تعادل (۲) بازده درصدی ۲۰ درصد کاهش یافته و به ۶۰٪ رسیده است. پس به مانند قسمت قبل ابتدا غلظت گاز A در لحظه تعادل را به دست آورده و سپس غلظت تعادلی B و Cو مقدار $K_۲$ را پیدا می‌کنیم:

$$\Delta[A] = ۲M \times \frac{۶۰}{۱۰۰} = ۱/۲M \rightarrow [A]_{\text{تعادلی}} = ۲ - ۱/۲ = ۰/۸M$$

تعادل (۲):

$$۲A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$$

غلظت اولیه	۲	۰	۰
تغییرات غلظت	$-۲x$	$+x$	$+x$
غلظت تعادلی	$۲-۲x$	x	x

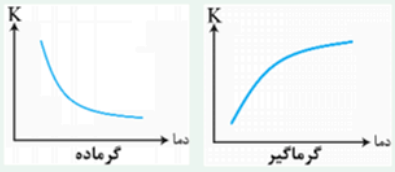
$$۲-۲x = ۰/۸ \rightarrow x = ۰/۶ \rightarrow [B] = [C] = ۰/۶ mol.L^{-۱}$$

$$\Rightarrow K_۲ = \frac{[B]\times[C]}{[A]^۲} = \frac{۰/۶ \times ۰/۶}{۰/۸^۲} = \frac{۹}{۱۶} = ۰/۵۶۲۵ \Rightarrow \frac{K_۱}{K_۲} = \frac{۴}{۰/۵۶۲۵} \simeq ۷/۱$$

نکته تنها عامل موثر بر تغییر مقدار ثابت تعادل، دما است.

با افزایش دما در تعادل‌های گرماگیر، مقدار K و بازده درصدی واکنش افزایش می‌یابد.

با افزایش دما در تعادل‌های گرماده، مقدار K و بازده درصدی واکنش کاهش می‌یابد.



(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۷۸ مطابق شـــکل، ۰/۵ مول گاز هیدروژن، ۰/۰۷ مول گاز نیتروژن و ۰/۱۴ مول گاز آمونیاک در ظرفی به حجم یک لیتر در تعادل هســـتند. بنابراین مقدار عددی ثابت تعادل برابر است با:

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

$$K=\frac{[NH_3]^2}{[N_2]\times[H_2]^3}=\frac{(0/14)^2}{(0/07)^1\times(0/5)^3}=2/24$$

با افزودن ۰/۰۵ مول گاز نیتروژن، تعادل به هم خورده و واکنش در جهت مصرف نیتروژن یعنی جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

غلظت مواد در تعادل جدید را برحســـب میزان تغییرات (x) نوشـــته و مجدداً K را بازنویسی می‌کنیم، چرا که مقدار عددی ثابت تعادل با افزایش نیتروژن تغییر نمی‌کند:

	$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$		
تعادل اولیه	۰/۰۷	۰/۵	۰/۱۴
تغییر اعمال شده	$+0/05-x$	$-3x$	$+2x$
تعادل جدید	$0/12-x$	$0/5-3x$	$0/14+2x$

$$\rightarrow 0/12-x=0/11\,mol\rightarrow x=0/01\,mol$$

پس غلظت گاز هیدروژن در تعادل جدید (a) برابر است با: $a=[H_2]=0/5-3x=0/5-3(0/01)=0/47\,mol.L^{-1}$

به سامانه ۰/۰۵ مول $N_2(g)$ تزریق شد و x مول از آن، یعنی ۰/۰۱ مول، مصرف شد تا تعادل جدید برقرار شود. بنابراین درصد مصرف شده برابر است:

$$\text{درصد مولی } N_2 \text{ مصرفی}=\frac{0/01\,mol}{0/05\,mol}\times 100=\%20$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۷۹ دو مورد (ب) و (پ) نادرست است.

بررسی موارد:

الف اگر b از a بیشتر باشد یعنی مول گازی سمت چپ کمتر است پس علامت گرما (Q) را در این سمت قرار داده و تعادل را گرماگیر فرض می‌کنیم. افزایش دما ســـرعت همهٔ واکنش‌های شیمیایی را افزایش می‌دهد. به علاوه در تعادل‌های گرماگیر، با افزایش دما واکنش تعادلی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و در نتیجه، درصد مولی فراورده و بازدهی واکنش تولید آن افزایش می‌یابد.

ب در تعادل: $N_2O_4(g)\rightleftharpoons 2NO_2(g)$ با افزایش حجم سامانه، غلظت همهٔ گازها در مخلوط تعادل جدید کاهش می‌یابد. پس شدت رنگ قهوه‌ای مخلوط کاهش می‌یابد. کاتالیزگر نمی‌تواند تعادل را جابه‌جا کند تا مقدار نهایی مواد واکنش را تغییر دهد.

پ اگر a از b بیشـــتر باشـــد، یعنی مول گازی بیشتر سمت راست قرار دارد. پس با افزودن گاز نجیب و متعاقب آن افزایش فشار سامانه تعادل در جهت مول گازی کمتر یعنی جهت رفت جابه‌جا می‌شـــود. با افزودن $Y(g)$ نیز، واکنش در جهت مصرف آن، یعنی به ســـمت برگشت پیشرفت می‌کند.

ت یکای ثابت تعادل برابر $(mol.L^{-1})^{b-a}=mol.L^{-1}$ است. پس $b-a=1$ یعنی $b>a$ بوده است. پس همانطور که در توضیح مورد الف ذکر شد، این تعادل گرماگیر است. در ضمن تغییر فشار می‌تواند این تعادل را بر هم بزند و آن را جابه‌جا کند، زیرا $a\neq b$ است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۸۰

$$2A_2(g) \rightleftharpoons B_2(g)\ ;\ K = 1\ L.mol^{-1}$$

غلظت اولیه	$1M$	$0M$
تغییرات	$-2x$	$+x$
غلظت تعادلی	$1-2x$	x

$$\rightarrow \frac{x}{\underbrace{(1-2x)^2}_{(4x^2-4x+1)^2}} = 1 \rightarrow \underbrace{4x^2-5x+1}_{(x-1)(4x-1)} = 0 \begin{cases} x = 1 \times \\ x = \frac{1}{4} \checkmark \end{cases}$$

بررسی گزینه‌ها:

گزینه «۱»: درصد حجمی گاز B_2 با درصد مولی آن برابر است:

$$\rightarrow [A_2] = 0/5M\ ,\ [B_2] = 0/25M$$

$$\text{درصد مولی } B_2 = \frac{(0/25\times 5)mol}{(0/25\times 5)mol + (0/5\times 5)mol} \times 100 \simeq \%33$$

گزینه «۲»: بازده واکنش در این شرایط برابر نسبت مقدار (غلظت) عملی فراورده به مقدار (غلظت) نظری آن است:

$$\text{غلظت نظری } B_2 : 1M\,A_2 \times \frac{1mol\,B_2}{2mol\,A_2} = 0/5M B_2$$

$$\rightarrow \text{بازده درصدی} = \frac{\text{غلظت عملی } B_2}{\text{غلظت نظری } B_2} \times 100 = \frac{0/25M}{0/5M} \times 100 = \%50$$

گزینه «۳»: واکنش عرض $40s = \frac{2}{3}min$ به تعادل رسید و در این مدت غلظت A_2 به اندازهٔ $2x = 0/5M$ کاهش یافته است. باتوجه به یکای موردنظر (مول بر دقیقه) داریم:

$$\overline{R}_{A_2} = \frac{-\Delta n_{A_2}}{\Delta t} = \frac{0/25M \times 5L}{\frac{2}{3}min} = 1/875\,mol.min^{-1}$$

گزینه «۴»: با انتقال مخلوط گازی حاوی $A_2(g)$ با غلظت ۰/۵ مولار و $B_2(g)$ با غلظت ۰/۲۵ مولار به ظرفی با حجم دو برابر، ابتدا غلظت هر دو نصف می‌شود و $[A_2] = 0/25M, [B_2] = 0/125M$ اما از آنجا که تعادل به هم خورده است و واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود، غلظت $B_2(g)$ قطعاً دوباره کاهش خواهد یافت و به عددی کمتر از ۰/۱۲۵ مول بر لیتر خواهد رسید. بنابراین با این استدلال نیازی به انجام محاسبات بیشتر نداشتید!

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۸۱

فقط نمودار (ب) درست است. در لحظهٔ تعادل $R_{\text{برگشت}} = R_{\text{رفت}}$ است. با کاهش دما سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت کاهش می‌یابد، اما از آنجا که تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت در لحظهٔ اعمال تغییر $R_{\text{برگشت}} < R_{\text{رفت}}$ خواهد شد.

بررسی سایر نمودارها:

نمودار (الف) ← تغییر دما غلظت گاز را به صورت ناگهانی تغییر نمی‌دهد! به علاوه غلظت PCl_5 در تعادل جدید باید کمتر از غلظت آن در تعادل اولیه باشد.

نمودار (پ) ← سامانهٔ تعادلی نمی‌تواند همهٔ $PCl_5(g)$ خارج شده را دوباره تولید کند! یعنی غلظت PCl_5 در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud

۱۸۲ در تعادل آغازی غلظت مولی هریک از گازها و مقدار K برابر است با:

$$[SO_2Cl_2(g)]=[SO_2(g)]=[Cl_2(g)]=\frac{3\,mol}{3\,L}=1\,mol.L^{-1}$$

$$SO_2Cl_2(g)\rightleftharpoons SO_2(g)+Cl_2(g) \qquad K=\frac{[SO_2][Cl_2]}{[SO_2Cl_2]}=\frac{1\times1}{1}=1\,mol.L^{-1}$$

با کاهش حجم ظرف به یک لیتر دو اتفاق می‌افتد:

۱) غلظت همهٔ مواد افزایش یافته و به $\frac{3\,mol}{1L}=3$ مولار می‌رسد.

۲) در این حالت، به دنبال افزایش فشار ناشی از کاهش حجم سامانه، تعادل به هم می‌خورد و واکنش برای کاهش فشار افزوده شده، در جهت مول گازی کمتر، یعنی جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

$$SO_2Cl_2(g)\rightleftharpoons SO_2(g)+Cl_2(g)$$

لحظه‌اعمال کاهش حجم	۳	۳	۳
تغییرات	$+x$	$-x$	$-x$
تعادل‌جدید	$3+x$	$3-x$	$3-x$

$$\rightarrow\frac{(3-x)\times(3-x)}{(3+x)}=1\rightarrow x^2-6x+9=x+3\rightarrow x^2-7x+6=0$$

$$\rightarrow x=\frac{7\pm\sqrt{49-4(1)(6)}}{2}=\frac{7\pm5}{2}$$

غیرقابل‌قبول ۶

۱ ✓

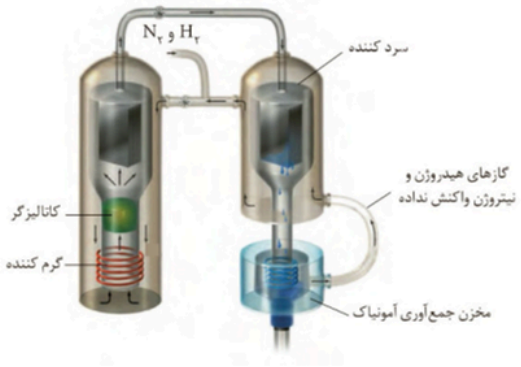
بنابراین غلظت مولی $Cl_2(g)$ در تعادل جدید به $3-x=3-1=2M$ خواهد رسید.

SO_2 و SO_2Cl_2 قطبی‌اند، درحالی که Cl_2 دارای مولکول‌های دو اتمی جور هسته و ناقطبی می‌باشد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۸۳ فرایند هابر، تولید مادهٔ ارزشمند آمونیاک را از واکنش بین گازهای هیدروژن و نیتروژن با بازدهی بالا امکان‌پذیر کرد.



تعادل: $N_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ علی‌رغم گرماده بودن $(\Delta H<0)$، به علت انرژی فعال‌سازی بسیار بالا، سرعت بسیار کمی دارد؛ به قدری که در دمای اتاق حتی در حضور کاتالیزگر و یا جرقه انجام نمی‌شود.

هابر موفق شد با افزایش دما تا $450^\circ C$، افزایش فشار تا $200\,atm$ و استفاده از ورقهٔ آهنی به عنوان کاتالیزگر، درصد مولی گاز آمونیاک را تا ۲۸٪ در مخلوط گازهای در حال تعادل افزایش دهد و با سرد کردن مخلوط تا $-40^\circ C$ ، آمونیاک را به صورت مایع از گازهای واکنش دهندهٔ مصرف نشده جداسازی کند.

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱ نقطه جوش $H_2(g)$، $N_2(g)$ و $NH_3(g)$ به ترتیب $-253^\circ C$، $-196^\circ C$ و $-33^\circ C$ است. با کاهش دمای مخلوط گازها تا $-40^\circ C$ ، آمونیاک به صورت مایع جمع‌آوری می‌شود ولی نیتروژن و هیدروژن به صورت گازی باقی می‌مانند.

مقایسهٔ نقطه جوش: $\underbrace{H_2 < N_2}_{\text{ناقطبی}} < \underbrace{NH_3}_{\text{قطبی}} \rightarrow$ توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی دارد ← پس نقطه جوش بالاتری دارد و در نتیجه آسان‌تر مایع می‌شود.

جرم مولی بیشتر از H_2

یادآوری: دمای هوای مایع -200 درجه سلسیوس است که با دمای سردکنندهٔ فرایند هابر اختلاف زیادی دارد.

۲ چگالی برابر با نسبت جرم به حجم یک نمونه از ماده است. براساس قانون پایستگی جرم و باتوجه به دربسته بودن ظرف حاوی واکنش، مجموع جرم مواد گازی از آغاز تا زمان فرا رسیدن تعادل ثابت است. از طرف دیگر حجم سامانه نیز ثابت می‌باشد. بنابراین چگالی مخلوط گازها تغییری نخواهد کرد.

۳ در صورت اعمال شرایط بهینه، بازدهی انجام این واکنش به حداکثر می‌رسد. در این حالت ۲۸ درصد مولی مخلوط گازها را $NH_3(g)$ تشکیل می‌دهد. پس اگر مخلوط گازها را ۱۰۰ مول در نظر بگیریم، ۲۸ مول آمونیاک و ۷۲ مول نیتروژن و هیدروژن در مخلوط وجود خواهد داشت.

$$\rightarrow \frac{n_{NH_3}}{n_{N_2}+n_{H_2}}=\frac{28\,mol}{72\,mol}\simeq 0/39$$

همانطور که می‌دانید، در شرایط مشابه، نسبت حجمی گازها با نسبت مولی آن‌ها برابر است.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۸۴

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

مول اولیه	۲	۱	۰
تغییرات	$-2x$	$-x$	$+2x$
مول تعادلی	$2-2x$	$1-x$	$2x$

در مخلوط گازی در لحظهٔ تعادل، $(2-2x)$ مول گاز SO_2 وجود دارد و شمار مول کل مخلوط گازی برابر است با:

$$n_{\text{مخلوط}} = n_{SO_2} + n_{O_2} + n_{SO_3} = (2-2x)+(1-x)+2x = 3-x\,mol$$

$$\rightarrow \frac{n_{SO_2}}{n_{\text{مخلوط}}} = \frac{2-2x}{3-x} = \frac{1}{2} \rightarrow 3-x = 4-4x \rightarrow x = \frac{1}{3}mol$$

بنابراین غلظت تعادلی هریک از گازها و مقدار عددی ثابت تعادل را به دست می‌آوریم:

$$[SO_2]_{\text{تعادلی}} = \frac{2-2(\frac{1}{3})}{2} = \frac{2}{3}mol.L^{-1}\ ,\ [O_2]_{\text{تعادلی}} = \frac{1-\frac{1}{3}}{2} = \frac{1}{3}mol.L^{-1}\ \text{و}\ [SO_3]_{\text{تعادلی}} = \frac{2(\frac{1}{3})}{2} = \frac{1}{3}mol.L^{-1}$$

$$\Rightarrow K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2\times[O_2]} = \frac{(\frac{1}{3})^2}{(\frac{2}{3})^2\times(\frac{1}{3})} = 0/75\,L.mol^{-1}$$

آفرود برای محاسبهٔ مقدار ثابت تعادل از روش زیر هم می‌توانید استفاده کنید:

$$aA(g)\rightleftharpoons bB(g)$$

$$K = \frac{[B]^b}{[A]^a} = \frac{(n_B)^b}{(n_A)^a}\times V^{a-b}$$

با دو برابر شدن بازده واکنش، مقدار مصرفی هریک از واکنش دهنده‌ها نسبت به حالت قبل ۲ برابر شده است. هم‌چنین به اندازهٔ ۲ برابر تعادل قبلی فراورده تولید می‌شود.

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

مول اولیه	۲	۱	۰
تغییرات	$-2y$	$-y$	$+2y$
مول تعادلی	$2-2y$	$1-y$	$2y$

$$\xrightarrow{\text{بازده دو برابر}} y = 2x = \frac{2}{3} \rightarrow n_{SO_2} = 2-\frac{4}{3} = \frac{2}{3}\ ,\ n_{O_2} = 1-\frac{2}{3} = \frac{1}{3}\ ,\ n_{SO_3} = 2(\frac{2}{3}) = \frac{4}{3}$$

$$\rightarrow K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{(n_{SO_3})^2}{(n_{SO_2})^2\times(n_{O_2})^1}\times V^{(3-2)} = \frac{(\frac{4}{3})^2}{(\frac{2}{3})^2\times(\frac{1}{3})}\times 2^1 \rightarrow K = 24\,L.mol^{-1}$$

مقدار عددی ثابت تعادل در تعادل اول ۰/۷۵ و در تعادل دوم ۲۴ بوده است.

$$\rightarrow \frac{K_2}{K_1} = \frac{24}{0/75} = 32$$

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۸۵ عبارت‌های اول و دوم درست هستند.

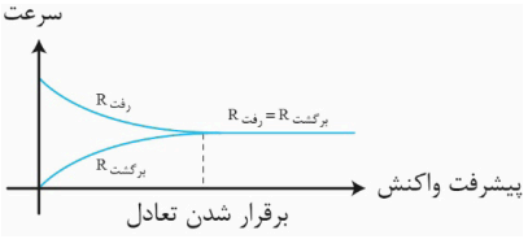
بررسی جملات:

مورد اول: هرچه ضریب استوکیومتری یک گونهٔ گازی یا محلول در آب در معادله واکنش تعادلی بزرگتر باشد، توان (مرتبهٔ) غلظت آن در کسر ثابت تعادل بیشتر است. پس با تغییر غلظت این ماده کسر ثابت تعادل بیشتر تغییر می‌کند و تعادل به هم خورده با شدت بیشتری برای رسیدن به تعادل جدید جابه‌جا می‌شود. در نتیجه این واکنش و در شرایط مشابه، تغییر غلظت $H_2O(g)$ بیشترین تاثیر را در جابه‌جایی تعادل دارد.

مورد دوم: از لحظهٔ برقرار شدن تعادل در یک واکنش شیمیایی برگشت‌پذیر ۲ اتفاق می‌افتد:

۱) غلظت گونه‌ها ثابت می‌شود (ولی الزاماً برابر نمی‌شود)

۲) سرعت واکنش (نه سرعت هر ماده) در هر دو جهت رفت و برگشت برابر می‌شود.



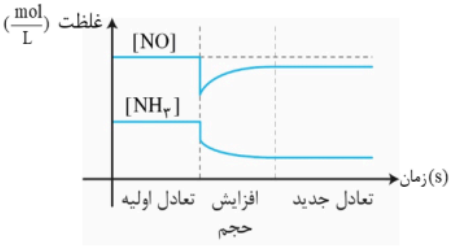
تذکر سرعت هر ماده متناسب با ضریب استوکیومتری آن است. به واکنش زیر توجه کنید:

$$aA(g) \rightarrow bB(g)$$

$$R_{واکنش} = \frac{R_{A\ مصرف}}{a} = \frac{R_{B\ تولید}}{b}$$

بنابراین در لحظهٔ فرا رسیدن تعادل، سرعت مصرف $O_2(g)$ برابر $5R_{واکنش}$ و سرعت تولید $NO(g)$ برابر $4R_{واکنش}$ می‌باشد. در نتیجه آن؛ سرعت مصرف گاز اکسیژن بیشتر از سرعت تولید گاز نیتروژن مونوکسید است. $R_{O_2\ مصرف} > R_{NO\ تولید}$

مورد سوم: در اثر کاهش فشار، غلظت همهٔ گونه‌ها در تعادل جدید کمتر از تعادل اولیه خواهد بود. به عنوان مثال تاثیر کاهش فشار (در اثر افزایش حجم سامانه) روی غلظت گازهای NH_3 و NO به صورت زیر می‌باشد:



مورد چهارم: افزایش دما از ۲ جهت حائز اهمیت است:

۱) با افزایش سرعت واکنش، تولید فراورده‌ها را در زمان کوتاه‌تری عملی می‌کند.

۲) با افزایش دما در این تعادل گرماگیر (مول گازی کمتر در سمت راست قرار دارد، پس علامت گرما سمت واکنش دهنده‌ها قرار گرفته و این تعادل گرماگیر خواهد بود)، واکنش در جهت رفت پیشرفت بیشتری می‌کند و بازده درصدی واکنش و مقدار ثابت تعادل افزایش می‌یابد.

شرایط بهینه انجام این واکنش:
- افزایش دما ← افزایش سرعت واکنش
- کاهش فشار ← جابه جایی تعادل در جهت رفت ← تولید فرآورده بیشتر
- استفاده از کاتالیزگر مناسب ← افزایش سرعت واکنش

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

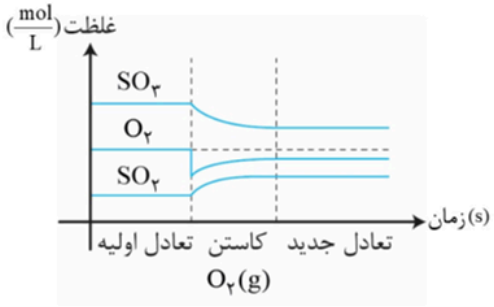
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۸۶ در هر چهار عبارت، غلظت حداقل یکی از واکنش دهنده‌ها به دنبال اعمال تغییر یاد شده؛ کاهش می‌یابد.

بررسی موارد:

مورد الف: در تعادل: $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ با خارج کردن مقداری آمونیاک واکنش در جهت رفت (تولید NH_3) جابه‌جا می‌شود. بنابراین مقدار N_2 و H_2 در تعادل جدید کاهش می‌یابد.

مورد ب: در تعادل: $NH_3(aq)+H_2O(l)\rightarrow NH_4^+(aq)+OH^-(aq)$ با افزودن یک اسید قوی، غلظت یون هیدرونیوم افزایش می‌یابد و باتوجه به ثابت بودن حاصل‌ضرب $[H_3O^+]\times[OH^-]$ در محلول‌های آبی در دمای ثابت، $[OH^-]$ کم می‌شود. بنابراین با کاهش $[OH^-]$، تعادل به هم می‌خورد و سامانه برای تولید یون هیدروکسید در جهت رفت پیشروی می‌کند. در این صورت $NH_3(aq)$ مصرف می‌شود و غلظت آن در تعادل جدید کاهش خواهد یافت.



مورد پ: با خارج کردن گاز اکسیژن از سامانهٔ در حال تعادل: $2SO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2SO_3(g)$ واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود اما نمی‌تواند تغییر اعمال شده (کاهش مقدار $O_2(g)$) را به صورت کامل جبران نماید. بنابراین غلظت گاز اکسیژن در تعادل جدید کمتر از غلظت آن تعادل اولیه می‌باشد.

مورد ت: در تعادل: $4NO_2(g)+O_2(g)\rightleftharpoons 2N_2O_5(g)$ به دنبال افزودن مقداری گاز NO_2، واکنش در جهت مصرف NO_2 افزوده شده، یعنی جهت رفت پیشرفت می‌نماید. بنابراین گاز اکسیژن مصرف می‌شود و غلظت آن کاهش می‌یابد.

تذکر در تعادل بالا و به دنبال افزودن NO_2، علی‌رغم جابه‌جا شدن تعادل به سمت راست (رفت) و مصرف NO_2، غلظت این گاز در تعادل جدید بیشتر از تعادل اولیه است؛ زیرا سامانهٔ تعادلی نمی‌تواند همهٔ NO_2 افزوده شده را مصرف نماید.

یادآوری: همان‌طور که قبلاً هم گفتیم، تنها در صورتی همهٔ مقدار گاز افزوده یا کاسته شده جبران می‌شود و آن ماده به غلظت تعادل آغازی خود برمی‌گردد که در عبارت ثابت تعادل فقط همان ماده وجود داشته باشد. (بقیهٔ مواد به صورت جامد یا مایع خالص باشند.)

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۸۷ عبارت‌های الف، پ و ت نادرست هستند.

بررسی موارد

مـــورد الف: همانطور که در نمودار می‌بینیم، با افزایش دما، غلظت $D(g)$ افزایش یافته اســت؛ این بدان معناســت که در این تعادل، با افزایش دما واکنش در جهت رفت (تولید D) پیشروی دارد؛ یعنی گرماگیر است. در تعادل‌های گرماگیر، با افزایش دما، مقدار ثابت تعادل افزایش می‌یابد.

مـــورد ب: با کاهش حجم ظرف، غلظت مولی همهٔ گونه‌ها طبق رابطهٔ $C_M = \frac{n}{V} \uparrow \downarrow$ افزایــش می‌یابد و غلظت همهٔ گونه‌ها در تعادل جدید، بیشتر از تعادل اولیه خواهد بود.

مورد پ: در این تعادل، مجموع شمار فراورده‌های گازی از مجموع شمار واکنش‌دهنده‌های گازی بیشتر است؛ پس با افزایش فشار، واکنش در جهت برگشــت جابه‌جا می‌شــود و از مقدار مول D کاسته می‌شود. همانطور که در نمودار می‌بینید، در دمای یکسان، مقدار مول D در فشار P_1 بیشتر از فشار P_2 است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت P_1 کمتر از P_2 است.

مورد ت: در تعادل: $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons D(g) + 3E(g)$ از شروع واکنش تا لحظه برقراری تعادل می‌توان گفت:

$$\frac{-\Delta[A]}{1} = \frac{-\Delta[B]}{2} = \frac{\Delta[D]}{1} = \frac{\Delta[E]}{3} \Rightarrow \Delta[B] = 2\Delta[A] \text{ و } \Delta[E] = 3\Delta[D]$$

(مصرف)

توجه کنید غلظت تعادلی یک گونه برابر مجموع غلظت اولیهٔ و میزان تغییر غلظت مولی آن‌گونه در طول انجام واکنش اســت. این یعنی الزاماً غلظت تعادلی گونه‌ها با ضرایب استوکیومتری آن‌ها متناسب نیست.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۸۸ بررسی هریک از تغییرهای اعمال شده روی تعادل داده شده:

مورد الف: با افزودن ســدیم کلرید، غلظت یون کلرید (Cl^-) محلول در آب افزایش می‌یابد. بنابراین تعادل در جهت مصرف $Cl^-(aq)$، یعنی جهت رفت پیشروی می‌کند. بدین ترتیب غلظت $[CuCl_4^{2-}(aq)]$ افزایش پیدا کرده و شدت رنگ قرمز مخلوط بیشتر می‌شود.

مـــورد ب: با افزودن نقره نیترات $(AgNO_3)$، یون‌های نقره با یون‌های کلرید تشــکیل رســوب $AgCl(s)$ می‌دهند و از محلول خارج می‌شوند. بدین ترتیب از غلظت‌های یون‌های کلرید آب پوشیده و محلول در آب کاسته می‌شود و تعادل به هم می‌خورد؛ پس تعادل برای تولید و جبران Cl^- کاســته شده به سمت چپ (برگشت) جابه‌جا می‌شود. این موضوع سبب کاهش غلظت $[CuCl_4^{2-}(aq)]$ و در نتیجه کاهش شدت رنگ قرمز مخلوط می‌گردد.

مورد پ: تعادل $[CuCl_3(H_2O)]^-(aq) + Cl^-(aq) \rightleftharpoons CuCl_4^{2-}(aq) + H_2O(l)$ یک تعادل گرماده است؛ زیرا علامت گرما (Q) را باید سمت مول گازی یا محلول در آب کمتر (سمت راست) قرار داد. در این تعادل گرماده، با افزایش دما، تعادل به هم می‌خورد و سامانه برای جبران این افزایش دما، به سمت مصرف گرما یعنی جهت برگشت جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین شدت رنگ قرمز محلول کاهش می‌یابد.

مورد ت: دقت کنید تغییر حجم و فشار سامانه در جابه‌جا کردن تعادل‌هایی موثر است که دو شرط زیر را به صورت همزمان داشته باشند:

۱) حداقل یک گونهٔ گازی میان مواد شرکت کننده در تعادل وجود داشته باشد.

۲) شمار مولکول‌های گازی در دو طرف معادله واکنش یکسان نباشد. $(\Delta n_g \neq 0)$

بنابراین در این سامانهٔ آبی، با تغییر حجم، تعادل به هم نخورده و شدت رنگ محلول تغییری نخواهد کرد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۸۹ عبارت‌های (الف) و (ث) درست‌اند.

نکته جمع‌بندی:

کاتالیزگر	افزایش می‌دهد.	۱- سرعت واکنش رفت و برگشت
		۲- سرعت رسیدن به تعادل
		۳- سرعت رسیدن به مقدار معینی محصول
		۴- اندازه شیب نمودار «غلظت – زمان»
		۵- پایداری ذره تشکیل شده در قله نمودار انرژی – پیشرفت واکنش
	کاهش می‌دهد	۱- انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و برگشت
		۲- مدت زمان انجام واکنش
		۳- زمان رسیدن به تعادل
		۴- آلودگی محیط زیست
		۵- سطح انرژی ذره تشکیل شده در قله نمودار انرژی- پیشرفت واکنش
	تاثیری ندارد	۱- سطح انرژی واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها و پایداری آن‌ها
		۲- مقدار نهایی فرآورده‌های حاصل از واکنش
		۳- ΔH واکنش
		۴- انجام‌پذیر کردن واکنش‌های غیر خودبه خودی در شرایط معین

بررسی عبارت‌های نادرست:

ب کاتالیزگر، تاثیری بر سطح انرژی واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها، مجموع آنتالپی پیوند آنها و در نتیجه ΔH واکنش ندارد.

پ تذکر: در حضور کاتالیزگر، انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت، هر دو به یک میزان (نه به یک نسبت!) کاهش می‌یابد.

ت کاتالیزگر ممکن است که در واکنش شرکت کند ولی پس از مصرف دوباره تولید می‌شود.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۹۰ با کاهش حجم یا افزایش فشـــار در تعادل‌های گازی، غلظت همه مواد افزایش می‌یابد؛ در نتیجه در صورت کاهش حجم در لحظه اعمال تغییـــر، غلظـــت همه مواد افزایش می‌یابد اما در هیچ‌کدام از دو نمودار (۱) و (۲)، غلظت همه مواد در لحظه اعمال تغییر، افزایش نیافته و به همین راحتی گزینه‌های (۲) و (۴) حذف می‌شوند.

حالا بریم سراغ بررسی دو گزینه دیگه!

در نمودار (۱)، غلظت یکی از مواد شرکت کننده در لحظه اول افزایش یافته و می‌تواند مربوط به افزودن مقداری H_2 به واکنش (I) و یا مقداری PCl_3 به واکنش (II) باشـــد که با افزایش غلظت آنها به ترتیب واکنش‌های (I) و (II) در جهت رفت و برگشـــت پیش می‌روند؛ بـــه طوری که تعادل (I) در جهت تولید گاز CH_3OH و مصـــرف گازهای CO و H_2 و تعادل (II) در جهت تولید گاز PCl_5 و مصرف گازهای PCl_3 و Cl_2 جابه‌جا می‌شود.

پس نمودار (۱) در قســـمت اول هر دو گزینه (۱) و (۳) صدق می‌کرد؛ خسته نشین که بریم سراغ نیمه مربیان؛ یعنی بررسی قسمت دوم این دو گزینه!

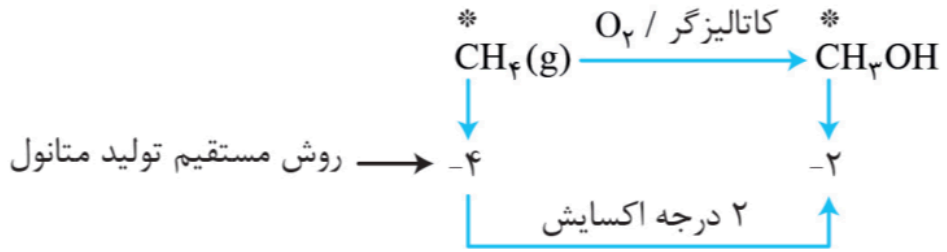
در مورد قســـمت دوم ســـوال دقت کنید که تعادل (I)، گرماده است؛ لذا با کاهش دما، در جهت تولید گرما (جهت رفت) جابه‌جا می‌شود؛ در نتیجه غلظت گازهای H_2 و CO کاهش و غلظت گاز CH_3OH افزایش می‌یابد که در نمودار (۲) رعایت نشده است.

تعادل (II)، گرماگیر است؛ لذا با افزایش دما، در جهت مصرف گرما (جهت رفت) جابه‌جا می‌شود؛ در نتیجه غلظت گازهای PCl_3 و Cl_2 افزایش و غلظت گاز PCl_5 کاهش می‌یابد و می‌توان نمودار (۲) را به آن نسبت داد.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۹۱ در واکنش تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید (در مجاورت $KMnO_4$) ۱۲ الکترون مبادله می‌شود.

در واکنش تهیه و تولید متانول به روش مستقیم، ۲ الکترون مبادله می‌شود:



بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ در واکنش تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، پارازایلن و در واکنش متان به متانول، متان نقش کاهنده را دارد.

۲ هر دو فرایند می‌توانند از واکنش واکنش دهنده آلی با گاز اکسیژن و در حضور کاتالیزگر انجام شوند.

۳ پارازایلن و متان، هر دو هیدروکربن و در نتیجه دارای مولکول‌های ناقطبی‌اند اما متانول و ترفتالیک اســـید، هر دو دارای مولکول‌های قطبی‌اند.

(ماراتون ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۱۹۲

$$۵/۹۹ + ۱/۶۷ + ۱/۰۴ = ۸/۷ \frac{g}{\text{خودرو } km}$$

$$x = ۸/۷ \times ۱۰۰ \times ۱۰^۶ \times ۲۰ = ۱۷۴۰۰ \times ۱۰^۶ g = ۱۷۴۰۰ \text{ تن}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۹۳ **هرچه غلظت آلاینده‌ها بیشتر باشد، برهم‌کنش بیشتری بین پرتوهای الکترومغناطیس و مولکول‌ها ایجاد می‌شود و جذب نور بیشتر خواهد بود.**

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۹۴

$$۱\,mol\,C_۸H_{۱۸} \Rightarrow \begin{cases} ۰/۸\,mol \text{ کامل می‌سوزد} \\ ۰/۲\,mol \text{ ناقص می‌سوزد} \end{cases}$$

واکنش سوختن کامل بنزین : $۲C_۸H_{۱۸} + ۲۵O_۲ \rightarrow ۱۶CO_۲ + ۱۸H_۲O$

$$\frac{۰/۸}{۲} = \frac{x}{۲۵} \Rightarrow x = ۱۰\,mol\,O_۲ \text{ مصرفی}$$

واکنش سوختن ناقص بنزین : $۲C_۸H_{۱۸} + ۱۷O_۲ \rightarrow ۱۶CO + ۱۸H_۲O$

$$\frac{۰/۲}{۲} = \frac{x'}{۱۷} \Rightarrow x' = ۱/۷\,mol\,O_۲ \text{ مصرفی}$$

$O_۲$ ورودی کل $= ۲۰\,mol \Rightarrow$ $O_۲$ مصرفی برای سوختن بنزین $= ۱۰ + ۱/۷ = ۱۱/۷\,mol$

درصد گاز اکسیژن هوا که صرف سوختن بنزین می‌شود $= \frac{۱۱/۷}{۲۰} \times ۱۰۰ = ٪۵۸/۵$

$N_۲ + O_۲ \rightarrow ۲NO$ و NO مصرفی برای تولید $O_۲$ مول $= ۲۰ - ۱۱/۷ = ۸/۳\,mol$

$$\frac{۸/۳}{۱} = \frac{x}{۲} \Rightarrow x = ۱۶/۶\,mol\,NO$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۱۹۵ با توجه به اطلاعات سؤال، واکنش‌های A و B هر دو گرماده هستند و واکنش A انرژی فعال‌سازی کمتری در مقایسه با واکنش B دارد، ولی واکنش C با توجه به بزرگ‌تر بودن آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها از فراورده‌ها گرماگیر است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۹۶ عبارت‌های «الف» و «پ» درست هستند.

الف) هر دو واکنش، انرژی فعال‌سازی زیادی نیاز دارند و در شرایط معمولی انجام نشده و یا به کندی انجام می‌شوند.

پ) انرژی فعال‌سازی واکنش تجزیهٔ NO بیشتر است و در شرایط یکسان، با سرعت کمتری انجام می‌شود.

بررسی عبارت‌های نادرست:

ب) با توجه به نمودار، واکنش تجزیهٔ NO گرماده است، بنابراین واکنش تولید آن گرماگیر است.

ت) از گرمای حاصل از تولید یک مول کربن دی‌اکسید (۲۸۳ کیلوژول) نمی‌توان برای آغاز واکنش $۲NO(g) \rightarrow N_۲(g) + O_۲(g)$ استفاده کرد؛ زیرا انرژی فعال‌سازی این واکنش طبق نمودار، ۳۸۱ کیلوژول است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۹۷ بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت اول: کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند ولی در پایان واکنش باقی می‌مانند و باعث کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش می‌شوند.

عبارت دوم: در مبدل کاتالیستی اگزوز خودروها، گاز NO به گازهای نیتروژن و اکسیژن تجزیه می‌شود و گاز CO با اکسیژن واکنش داده و به کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شود.

عبارت چهارم: در خودروهای دیزلی از آمونیاک برای تبدیل آلاینده‌های NO و $NO_۲$ به گازهای نیتروژن و بخار آب بهره برده می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۹۸ بررسی گزینه‌ها:

۱) با کاهش حجم (افزایش فشار)، غلظت کلیه مواد گازی‌شکل، افزایش می‌یابد.

۲) ثابت تعادل فقط با دما تغییر می‌کند.

۳) با جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت، تعداد مول A افزایش و تعداد مول B و C کاهش می‌یابد؛ بنابراین درصد مولی A افزایش می‌یابد.

۴) با افزایش فشار و در نتیجه افزایش غلظت مواد گازی، سرعت در هر دو جهت زیاد می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۱۹۹ با توجه به اینکه تنها ماده گازی (یا aq) در واکنش C است، در نتیجه $K=[C]$ می‌باشد و غلظت تعادلی C فقط با تغییر دما دچار تغییر می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۰۰

	A	$\rightleftharpoons$	B	$+$	$2C$
مقدار اولیه	۱		۰		۰
مقدار تعادلی	$1-x$		x		$2x$

$$\Rightarrow \frac{x}{1-x+x+2x}=\frac{x}{1+2x}=\frac{25}{100} \Rightarrow x=0/25+0/5x \Rightarrow x=0/5$$

$$K=\frac{0/5\times 1^2}{0/5}=1$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۰۱ ۱) کاهش حجم تعادل را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند، اما غلظت کلیهٔ مواد گازی‌شکل را افزایش می‌دهد. بدین‌ترتیب با افزایش غلظت NO_2 شدت رنگ نیز زیاد می‌شود.

۲) این واکنش گرماده است و افزایش دما باعث جابه‌جایی واکنش در جهت برگشت می‌شود.

۳) با اضافه نمودن NO_2 تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود، اما اثر NO_2 اضافی به‌طور کامل خنثی نمی‌شود و غلظت تعادلی NO_2 و N_2O_4 هر دو زیاد می‌شود.

۴) کاهش فشار، غلظت کلیهٔ مواد گازی‌شکل را کاهش می‌دهد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۰۲ تعادل ذکرشده به‌دلیل کاهش K بر اثر کاهش دما، گرماگیر است. با توجه به نمودار با اعمال تغییر و خارج شدن سامانه از تعادل، به‌منظور برقراری تعادل جدید، واکنش در جهت برگشت پیشرفت کرده است و شمار مول‌های گاز اکسیژن کاهش یافته است.

کاهش حجم ظرف (افزایش فشار)، واکنش را در جهت شمار مول‌های گازی کمتر یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌کند. خارج کردن گاز SO_3 واکنش را در جهت تولید آن (برگشت) جابه‌جا می‌کند؛ در نتیجه شمار مول‌های گاز اکسیژن کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) افزایش دمای سامانه یا افزایش حجم ظرف، باعث افزایش شمار مول‌های گاز اکسیژن در تعادل می‌شوند؛ زیرا تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

۲) خارج کردن مقداری گاز اکسیژن از ظرف، باعث پیشرفت واکنش در جهت تولید گاز اکسیژن می‌شود.

۴) خارج کردن مقداری SO_2 از ظرف، واکنش را در جهت رفت جابه‌جا می‌کند و باعث افزایش شمار مول‌های گاز اکسیژن در تعادل می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۰۳ ابتدا باید درصد مولی آمونیاک را در مخلوط تعادلی حساب کنیم:

$$۲۰۴\,g\,NH_۳ \times \frac{۱\,mol\,NH_۳}{۱۷\,g\,NH_۳} = ۱۲\,mol\,NH_۳$$

$$N_۲ \quad + \quad ۳H_۲ \quad \rightleftharpoons \quad ۲NH_۳$$

مول تعادلی : $۱۰-x$ $\quad ۳۰-۳x \quad ۲x$

$$\text{مجموع مول‌های تعادلی} = (۱۰-x)+(۳۰-۳x)+۲x = ۴۰-۲x$$

$$۲x = ۱۲ \Rightarrow ۴۰-۲x = ۲۸$$

$$\text{درصد مولی } NH_۳ = \frac{\text{مول } NH_۳}{\text{مجموع مول‌ها}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۲}{۲۸} \times ۱۰۰ \simeq ۴۲/۹$$

با توجه به نمودار داده‌شده، در فشار حدود ۵۰۰ اتمسفر، درصد مولی آمونیاک ۴۲/۹٪ است.

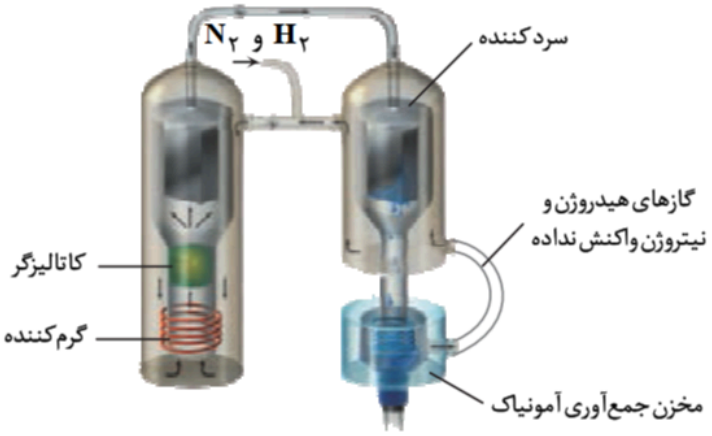
(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۰۴ عبارت‌های «دوم» و «چهارم» درست هستند.

بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت اول: D محل ورود گاز $N_۲$ و $H_۲$ به واکنش‌گاه تولید گاز آمونیاک است.

عبارت سوم: زیرا A منبع سردکننده نیست.



(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۰۵ با توجه به تغییرات مقدار هریک از مواد، معادلهٔ واکنش به‌صورت زیر است:

$$۲A \rightleftharpoons ۳B + C$$

غلظت‌های تعادلی : $۱ \quad ۱/۵ \quad ۰/۵$

$$K = \frac{(۱/۵)^۳ \times ۰/۵}{۱^۲} = \frac{۲۷}{۱۶}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۰۶ عبارت‌های «ب» و «ت» درست‌اند.

الف) نام ترکیب D، ۲- کلروبوتان است (شمارهٔ شاخهٔ فرعی کلر مهم است؛ زیرا مولکولی به‌نام ۱- کلروبوتان هم وجود دارد.)

$$CH_3-CH=CH-CH_3+HCl \rightarrow CH_3-CH_2-\underset{Cl}{CH}-CH_3$$

۲-کلروبوتان (C_4H_9Cl)

ب)

$$CH_3-CH=CH-CH_3+H_2O \rightarrow CH_3-CH_2-\underset{OH}{CH}-CH_3 \quad (A)$$

$$CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{CH}-O\overbrace{H+HO}^{H_2O}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 \rightarrow CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{CH}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3+H_2O \quad (B)$$

پ) فرمول مولکولی ترکیب A، $C_4H_{10}O$ و فرمول مولکولی اتانول، C_2H_6O است.

$C_4H_{10}O-C_2H_6O=C_2H_4$ اتن یا اتیلن

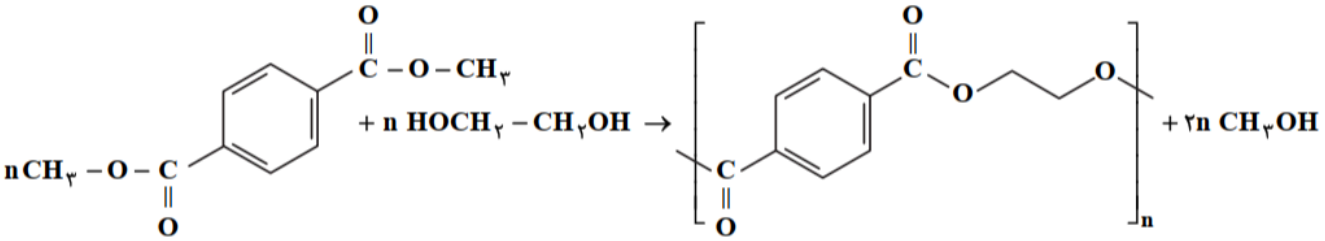
ت)

$$D: C_4H_9Cl \Rightarrow \frac{\text{شمار C}}{\text{شمار Cl}}=\frac{4}{1}=4$$

$$\text{وینیل کلرید}: C_2H_3Cl \Rightarrow \frac{\text{شمار C}}{\text{شمار Cl}}=\frac{2}{1}=2$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۰۷ با توجه به واکنش داده شده می‌توان نوشت:



با توجه به قانون پایستگی جرم نیز می‌توان به فرمول مولکولی و ساختار مادهٔ A دست یافت.

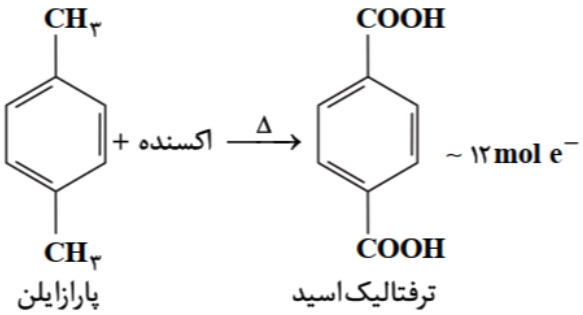
$$nA+nC_2H_6O_2 \rightarrow \{C_{10}H_8O_4\}_n+2nCH_4O$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{موازنه C}: n\times A\text{ کربن}+2n=10n+2n \Rightarrow A\text{ کربن}=10 \\ \text{موازنه H}: n\times A\text{ هیدروژن}+6n=8n+8n \Rightarrow A\text{ هیدروژن}=10 \\ \text{موازنه O}: n\times A\text{ اکسیژن}+2n=4n+2n \Rightarrow A\text{ اکسیژن}=4 \end{array}\right\} \Rightarrow A=C_{10}H_{10}O_4$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

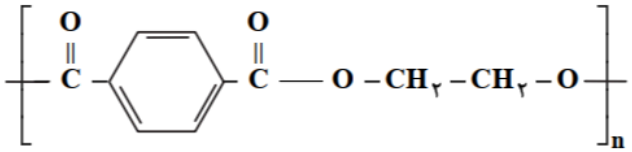
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۰۸



در واکنش تبدیل ۱ مول پارازایلن به ۱ مول ترفتالیک اسید، ۱۲ مول الکترون مبادله می‌شود؛ بنابراین مقدار ترفتالیک اسید به‌ازای مبادلهٔ ۲۴ مول الکترون، برابر با ۲ مول است.

$$\text{کل مولکول‌های ترفتالیک‌اسید} = ۲\times۶\times۱۰^{۲۳} = ۱۲\times۱۰^{۲۳}$$



$$\text{تعداد مولکول اسید شرکت‌کننده در هر زنجیر پلیمری} = \frac{۱۲\times۱۰^{۲۳}}{۱۰^{۲۱}} = ۱۲۰۰ \Rightarrow n = ۱۲۰۰$$

$$\Rightarrow \text{جرم مولی PET} = \text{جرم مولی واحد تکرارشونده} \times ۱۲۰۰ = ۱۹۲\times۱۲۰۰ = ۲۳۰۴۰۰g \quad (C_{۱۰}H_۸O_۴)_n$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۰۹ فقط عبارت دوم نادرست است:

گاز متان واکنش‌پذیری کمی دارد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۱۰ همهٔ عبارت‌ها نادرست هستند.

عبارت اول: هم A ($_{۲۳}V$) و هم B ($_{۵۰}Sn$) فلز هستند.

عبارت دوم: هالوژن مایع در دمای اتاق، $_{۳۵}Br$ است. از طرفی عدد اتمی B برابر با ۵۰ است:

$$۵۰-۳۵ = ۱۵$$

عبارت سوم: برای ساختن حلبی، ورقه‌ای از آهن با لایهٔ نازکی از Sn (B) پوشیده می‌شود.

عبارت چهارم: در آرایش الکترونی $_{۲۳}V^{۲+}$، سه الکترون در زیرلایهٔ ۳d با $l = ۲$ وجود دارد.

$$_{۲۳}V^{۲+} : [_{۱۸}Ar]۳d^۳$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۱۱ عبارت‌های «ب» و «ت» درست‌اند.

ب) در واکنش‌های (۱) و (۳) سطح انرژی فراورده‌ها پایین‌تر از واکنش‌دهنده‌ها است؛ بنابراین گرماده هستند. در واکنش (۲) سطح انرژی فراورده‌ها بالاتر است و یک واکنش گرماگیر محسوب می‌شود.

ت) واکنش (۱) انرژی فعال‌سازی کمتری دارد و در شرایط یکسان با سرعت بیشتری انجام می‌شود. این واکنش گرماده است و $|\Delta H|$ آن از دو واکنش دیگر بیشتر است.

بررسی عبارت‌های نادرست:

الف) واکنش حذف NO در مبدل‌های کاتالیستی ($2NO \rightarrow N_2 + O_2$) گرماده است، در حالی که واکنش (۲)، یک واکنش گرماگیر می‌باشد.

پ) در واکنش‌های گرماگیر، همواره E_a از ΔH بزرگ‌تر است؛ بنابراین حتی در حضور کاتالیزگر هم، مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش (۲) نمی‌تواند از ۲۰kJ کمتر شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۱۲ با افزودن گاز نیتروژن به ظرف، غلظت مولی آن افزایش می‌یابد و با افزایش یافتن سرعت واکنش رفت، سامانه از تعادل خارج می‌شود.

بررسی عبارت‌های نادرست:

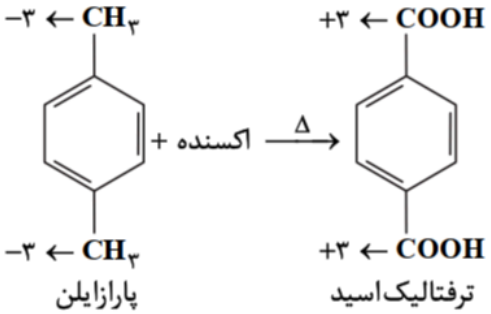
۱) پس از برقراری تعادلی جدید در ظرف، شمار مول H_2 کمتر از شمار مول آن در تعادل اولیه، ولی شمار مول N_2 و NH_3 بیشتر از شمار مول آن‌ها در تعادل اولیه است.

۳) واکنش با پیشرفت در جهت رفت دوباره به تعادل می‌رسد و طی این فرایند به‌ازای مصرف شدن ۴ مول گاز، ۲ مول گاز تولید می‌شود؛ بنابراین نمی‌توان گفت در تعادل جدید، شمار مول مواد، x مول افزایش یافته است.

۴) تغییر ایجادشده مقدار ثابت تعادل را تغییر نمی‌دهد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۱۳ فرایند (II)، تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید را نشان می‌دهد که در آن، مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن ۱۲ واحد $(۲ \times ۶ = ۱۲)$ تغییر می‌کند.



$$n(\text{اتیلن‌گلیکول}) + n(\text{ترفتالیک‌اسید}) \rightarrow PET + 2n\,H_2O$$

$$nC_2H_6O_2 + nC_8H_6O_4 \rightarrow \{C_{10}H_8O_4\}_n + 2nH_2O$$

$$\text{جرم PET} = 192n = 192 \times 20 = 3840\,g = 3/84\,kg$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۱۴ معادلهٔ واکنش تعادلی تبدیل $NO_2(g)$ به $N_2O_4(g)$ چنین است:

$$\underset{\text{(قهوه‌ای رنگ)}}{2NO_2(g)} \rightleftharpoons \underset{\text{(بی‌رنگ)}}{N_2O_4(g)} \quad \Delta H < 0$$

الف) افزایش دما: درست؛ با افزایش دما تعادل در جهت مصرف آن یا همان جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و مخلوط پر رنگ‌تر می‌شود.

ب) کاهش حجم: درست؛ با کاهش حجم، غلظت تمام مواد موجود در تعادل افزایش می‌یابد، پس مخلوط پر رنگ‌تر می‌شود.

پ) کاهش دما: نادرست؛ با سرد کردن مخلوط، تعادل در جهت تولید گرما یا همان جهت رفت جابه‌جا می‌شود و از شدت رنگ قهوه‌ای کاسته می‌شود.

ت) خارج کردن $N_2O_4(g)$ از مخلوط: نادرست؛ تعادل در جهت تولید $N_2O_4(g)$ جابه‌جا می‌شود، پس از شدت رنگ مخلوط کاسته می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۱۵ با افزایش مول یا غلظت یکی از فراورده‌ها، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

	$PCl_5(g)$	$\rightleftharpoons$	$PCl_3(g)$	+	$Cl_2(g)$
غلظت در تعادل اولیه	۰/۲		۰/۲		۰/۲
اعمال تغییر					+۰/۱
غلظت در تعادل جدید	۰/۲+x		۰/۲−x		۰/۳−x

مقایسهٔ غلظت‌ها در تعادل جدید:

$$[Cl_2] > [PCl_5] > [PCl_3]$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۱۶ ۱) نادرست؛ مبدل‌های کاتالیستی توانایی حذف SO_2 را ندارند.

۲) نادرست؛ سه فلز مورد استفاده از مبدل‌های کاتالیستی عبارت‌اند از: Pt، Pd، Rh
هیچ یک از این سه عنصر واسطه به دورهٔ چهارم جدول تناوبی تعلق ندارند.

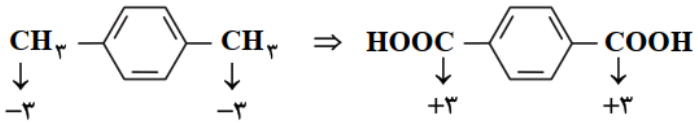
۳) نادرست؛ مبدل درحد فاصل موتور و اگزوز و نزدیک‌تر به موتور خودرو قرار داده می‌شود تا گازهای با دمای بالاتر وارد مبدل شوند و انرژی فعال‌سازی برای انجام واکنش‌ها در مبدل فراهم باشد.

۴) درست؛ هر سه واکنش از نوع اکسایش- کاهش هستند و ΔH هر سه منفی است.

$$C_xH_y + (x+\frac{y}{4})O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O \quad \Delta H < 0$$
$$2NO \rightarrow N_2 + O_2 \quad \Delta H < 0$$
$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2 \quad \Delta H < 0$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۱۷ ۱) نادرست؛ در تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن ۱۲ واحد افزایش می‌یابد.



۲) نادرست؛ پتاسیم پرمنگنات به منگز (IV) اکسید با فرمول MnO_2 تبدیل می‌شود.

۳) درست؛ مجموع شمار اتم‌ها در دو مادهٔ پارازایلن و ترفتالیک اسید یکسان است. از هر گروه CH_3 دو اتم H کسر و به جای آن دو اتم O اضافه می‌شود.

۴) نادرست؛ این واکنش در صنعت با استفاده از کاتالیزگر و اکسنده اکسیژن انجام می‌شود. (گاز اکسیژن کاتالیزگر نیست!)

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۱۸
$$\begin{cases} E_a = 1/56|\Delta H| \\ E_a + |\Delta H| = 64 \end{cases} \Rightarrow 2/56|\Delta H| = 64 \Rightarrow |\Delta H| = 25\,kJ$$

به‌ازای مصرف ۲ مول NO، ۲۵ kJ گرما آزاد می‌شود؛ بنابراین مقدار گرمای آزادشده به‌ازای مصرف ۱ مول از آن، ۱۲/۵ kJ خواهد بود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۱۹

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

تعادل اولیه : ۰/۰۷ ، ۰/۵ ، ۰/۱۴ ، مجموع مول‌ها : $0/14+0/5+0/07=0/71$

تعادل نهایی : $0/12-x$ ، $0/5-3x$ ، $0/14+2x$ ، مجموع مول‌ها : $0/71-2x=0/76-2x$

با جابه‌جایی تعادل در جهت رفت، مول H_2 نسبت به تعادل اولیه کاهش و مول NH_3 افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه تعادل نمی‌تواند اثر تغییر را به‌طور کامل جبران کند، مول N_2 در تعادل جدید بیشتر از مول آن در تعادل اولیه خواهد بود.

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) سامانه از تعادل خارج می‌شود و تعادلی جدید برقرار می‌شود که شمار مول گازهای آن کمتر از ۰/۷۶ مول است.

۲) با اعمال تغییر یادشده، سرعت واکنش رفت افزایش می‌یابد و تعادلی با ثابت تعادل یکسان با تعادل اولیه در سامانه برقرار می‌شود.

۴) سامانه از تعادل خارج شده و با تولید مقداری آمونیاک (که در نهایت مقدار کل آن کمتر از ۰/۱۷ مول است) دوباره تعادل برقرار می‌شود.

دقت کنید که مقدار آمونیاک نمی‌تواند به ۰/۴ مول برسد؛ زیرا در این صورت، مول تعادلی N_2 منفی می‌شود. با نوشتن عبارت ثابت تعادل در دو حالت، می‌توان مول آمونیاک را در تعادل جدید حساب کرد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۲۰

فرمول شیمیایی ترکیب داده‌شده به‌صورت $C_{13}H_{18}O_2$ است:

$$13C+18(+1)+2(-2)=0 \Rightarrow 13C=-14$$

در تبدیل پارازایلن (C_8H_{10}) به ترفتالیک اسید $(C_8H_6O_4)$، مجموع تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر با ۱۲ است؛ بنابراین:

$$-\frac{14}{12}=-\frac{7}{6}$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۲۱

۱) درست؛ با افزایش دما مقدار عددی K کاهش یافته است، پس با افزایش دما تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و گرماده است. از سویی مقدار عددی K در دماهای $25^\circ C$ و $100^\circ C$ برابر است با:

$$10^{0/48}\simeq 3 \ , \ 10^{0/31}\simeq 2 \Rightarrow \frac{3}{2}=1/5$$

۲) نادرست؛ یکای ثابت تعادل با توجه به عبارت ثابت تعادل چنین است.

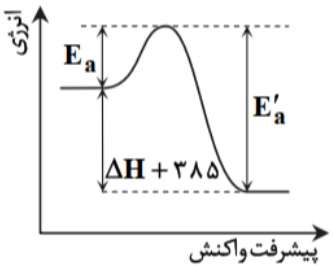
$$K=\frac{\left[Al(OH)_4^-\right]^2}{\left[OH^-\right]^2}:\frac{(mol\cdot L^{-1})^2}{(mol\cdot L^{-})^2} \Rightarrow K \text{ یکا ندارد.}$$

۳) نادرست؛ تغییر حجم سامانه فقط بر تعادل‌های گازی مؤثر است.

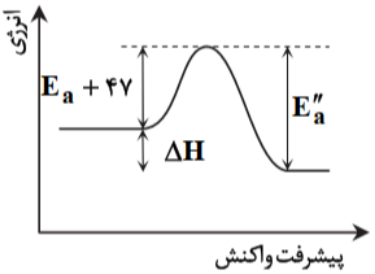
۴) نادرست؛ با افزودن HCl به محلول، غلظت OH^- کاهش یافته و تعادل در جهت تولید آن جابه‌جا می‌شود ولی ثابت تعادل فقط با تغییر دما تغییر می‌کند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۲۲ ابتدا برای دو واکنش که هر دو گرماده هستند نمودار انرژی-پیشرفت رسم می‌کنیم:



(I)



(II)

عبارت اول: درست

$$\overbrace{(E_a + \Delta H + ۳۸۵)}^{E'_a} - \overbrace{(E_a + ۴۷ + \Delta H)}^{E''_a} = ۳۳۸$$

عبارت دوم: درست؛ زیرا E_a کمتری دارد.

عبارت سوم: درست؛ زیرا هر دو واکنش گرماده و ΔH آن‌ها منفی است.

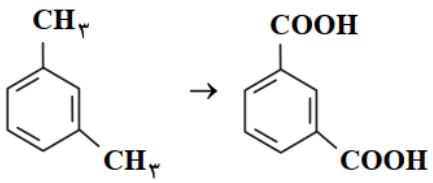
عبارت چهارم: نادرست؛ گرمای آزادشده در واکنش حذف آلاینده CO بیشتر است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۲۳ عبارت اول: درست؛ فرمول مولکولی ماده داده‌شده همانند پارازایلن به‌صورت $C_۸H_{۱۰}$ است.

عبارت دوم: نادرست؛ مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در آن برابر -۱۰ ولی مجموع عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن در $KMnO_۴$ برابر -۸ است.

عبارت سوم: نادرست؛ دی اسید حاصل از این ماده ایزومری از ترفتالیک اسید است، پس فرمول شیمیایی آن $C_۸H_۶O_۴$ است.



(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۲۴ با توجه به موازنه بودن واکنش‌ها ابتدا از واکنش (b) در می‌یابیم که فرمول شیمیایی مادهٔ A به‌صورت $C_۶H_۶O$ است. سپس با قرار دادن این فرمول در واکنش (a)، فرمول شیمیایی مادهٔ X را به‌دست می‌آوریم که به‌صورت $Na_۲SO_۳$ است. بنابراین:

۱) درست؛ زیرا تمام اتم‌های واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌هایی سودمند تبدیل شده‌اند.

۲) درست

۳) نادرست

۴) درست

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۲۵ $۱/۰۴ + ۱/۶۷ + ۵/۹۹ = ۸/۷\,g \cdot km^{-۱} \Rightarrow ۸/۷ \times ۵۰۰۰۰۰۰ \times ۴۰ = ۱۷۴۰ \times ۱۰^۶\,g = ۱۷۴۰$ تن

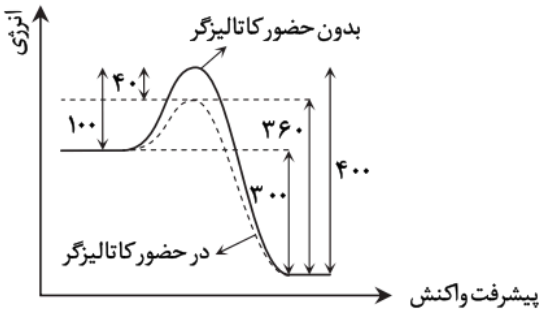
(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۲۶ کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی را ۴۰ کیلوژول کاهش می‌دهد، بنابراین اختلاف سطح انرژی فراورده‌ها با قله نیز $۴۰kJ$ کم می‌شود و با توجه به مقدار اولیه که $۴۰۰kJ$ است به میزان ۱۰٪ کاهش می‌یابد.

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) کاتالیزگر ΔH واکنش را تغییر نمی‌دهد

۴) سرعت رفت و برگشت را افزایش می‌دهد.



(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۲۷ افزایش دما سرعت را در هر دو جهت افزایش می‌دهد، اما در جهت جابه‌جایی (برگشت) بیشتر است تا مجدداً به تعادل برسد و در تعادل جدید سرعت‌ها بیشتر از تعادل اولیه هستند، بنابراین نمودار گزینهٔ ۱ درست است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۲۸ در این تعادل در مجموع غلظت تعادلی A افزایش می‌یابد، با توجه به جابه‌جایی در جهت رفت غلظت C افزایش و B کاهش می‌یابد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۲۹ $\text{جرم‌مولی B} = ۲ \times \text{جرم‌مولی A}$

$$۲A \rightleftharpoons B$$

$$A_{\text{جرم‌مولی}} = M \Rightarrow [A] = \frac{۲}{M}$$

$$B_{\text{جرم‌مولی}} = ۲M \Rightarrow [B] = \frac{۴}{۲M} = \frac{۲}{M}$$

$$K = \frac{\frac{۲}{M}}{(\frac{۲}{M})^۲} = \frac{۱}{۲}M$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۳۰

	A	+	B	⇌	۳C
مقدار اولیه	۳		۲		۰
تغییرات	$-x$		$-x$		$+۳x$
مقدار تعادل	$۳-x$		$۲-x$		$۳x$

$$\frac{۲x}{۵\,mol} = \frac{۴۰}{۱۰۰} \Rightarrow x = ۱ \Rightarrow K_{eq} = \frac{(\frac{۳}{۵})^۳}{(\frac{۲}{۵})(\frac{۱}{۵})} = ۲/۷$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۳۱ فقط عبارت اول درست است.

بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت دوم: محلول رقیق پتاسیم پرمنگنات صحیح است.

عبارت سوم: محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات صحیح است.

عبارت چهارم: هریک از دو کربن ۶ واحد اکسایش می‌یابد که در مجموع، تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن ۱۲ است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۳۲ ساختار نشان‌داده‌شده مربوط به یک استر سنگین سه‌عاملی است که مانند پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)، دارای گروه عاملی استری است.

بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) مربوط به یک استر سنگین و نامحلول در آب است.

۲) زنجیرهای هیدروکربنی چربی‌دوست هستند.

۴) فرمول مولکولی این ترکیب $C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_۶$ است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۳۳ مجموع جرم آلاینده‌ها به‌ازای ۱ کیلومتر در غیاب مبدل $= ۵/۹۹ + ۱/۶۷ + ۱/۰۴ = ۸/۷\,g$

مجموع جرم آلاینده‌ها به‌ازای ۱ کیلومتر در حضور مبدل $= ۰/۶۱ + ۰/۰۷ + ۰/۰۴ = ۰/۷۲\,g$

میزان کاهش آلاینده‌ها به‌ازای ۱ کیلومتر $= ۸/۷ - ۰/۷۲ = ۷/۹۸\,g$

$$۱۰^۶ \text{ خودرو} \times \frac{x\,km}{۱\text{ خودرو}} \times \frac{۷/۹۸\,g}{۱\,km} \times \frac{۱\,ton}{۱۰^۶\,g} = ۷۹۸۰\,ton \Rightarrow x = ۱۰,۰۰۰$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۳۴ بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) مقدار حداقل انرژی لازم برای شروع واکنش (انرژی فعال‌سازی)، به گرماده یا گرماگیر بودن فرایند ارتباطی ندارد.

۳) واکنش **B** برخلاف واکنش **A**، گرماده بوده و آنتالپی آن، عددی منفی است.

۴) انرژی فعال‌سازی واکنش **A**، به‌اندازهٔ ۱۱۳ کیلوژول بیشتر از انرژی فعال‌سازی واکنش **B** است.

$$۱۸۴ - ۷۱ = ۱۱۳$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۳۵ تفاوت محتوای انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها تعیین‌کنندهٔ گرمای واکنش است و بر سرعت انجام واکنش تأثیری ندارد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۳۶ همهٔ SO_2 اضافه‌شده به تعادل، مصرف نمی‌شود و در کل، مجموع شمار مول‌های گازی در سامانه افزایش می‌یابد؛ بنابراین فشار تعادلی، افزایش خواهد یافت.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) در واکنش تعادلی $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$، با افزایش فشار، تعادل به‌سمت شمار مول‌های گازی کمتر یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین درصد مولی آمونیاک افزایش می‌یابد.

۲) در واکنش تعادلی $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g) + Q$، با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و در نتیجه، مقدار بیشتری از گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 تولید می‌شود.

۴) در واکنش تعادلی $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$، با کاهش حجم (افزایش فشار)، تعادل به‌سمت تعداد مول‌های گازی کمتر یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۳۷ با توجه به واکنش $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ و نمودار، غلظت آمونیاک در لحظهٔ اعمال تغییر افزایش یافته است و بعد از اعمال تغییر، با افزایش غلظت آمونیاک (پیشرفت واکنش در جهت رفت) تعادل جدید برقرار شده است. غلظت آمونیاک پس از اعمال تغییر، شروع به افزایش یافتن کرده است، بنابراین واکنش $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ در پاسخ به عامل برهم زنندهٔ تعادل، در جهت رفت پیشرفت کرده است.

۱) تعادل نوشته‌شده، گرماده است و با افزایش دما در جهت برگشت پیشرفت می‌کند. (در لحظهٔ تغییر دما غلظت آمونیاک به یکباره تغییر نمی‌کند.)

۲) با افزایش حجم ظرف واکنش، غلظت آمونیاک بلافاصله به‌دلیل افزایش حجم کاهش می‌یابد و سپس واکنش در جهت کاهش مقدار مول آمونیاک پیشرفت می‌کند.

۳) با کاهش حجم ظرف، در لحظهٔ اعمال تغییر، غلظت آمونیاک به یکباره بیشتر می‌شود، (به‌دلیل کاهش حجم) و سپس واکنش در جهت افزایش مقدار مول آمونیاک پیشرفت می‌کند.

۴) با افزودن مقداری گاز نیتروژن به مخلوط تعادلی، در لحظهٔ تغییر، غلظت آمونیاک تغییر نمی‌کند ولی پس از تغییر، به‌تدریج واکنش در جهت تولید آمونیاک پیشرفت می‌کند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۳۸

	$2SO_3(g)$	$\rightleftharpoons$	$2SO_2(g)$	+	$O_2(g)$
تعداد مول تعادلی	$\underbrace{0/3-2x}_{0/1}$		$\underbrace{0/3+2x}_{0/5}$		$x = 0/1$

$$K = \frac{(\frac{0/5}{2})^2 \times \frac{0/1}{2}}{(\frac{0/1}{2})^2} = 1/25$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۳۹ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند.

$$C_2H_4 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} C_2H_5OH \text{ اتانول}$$

$$C_2H_4 \xrightarrow{KMnO_4 \text{ (رقیق)}} \underset{\underset{OH}{|}}{CH_2} - \underset{\underset{OH}{|}}{CH_2} \text{ (دی‌الکل) اتیلن گلیکول}$$

عبارت اول: دی‌استر ← (اتانول)۲ + دی‌اسید: از واکنش دی اسید با ۲ مول اتانول، یک دی استر تولید می‌شود.

عبارت سوم: اگر بخشی از اتانول تولیدی را به اتانوئیک اسید اکسید نماییم، با استفاده از باقی‌ماندهٔ اتانول می‌توان اتیل استات تهیه نمود.

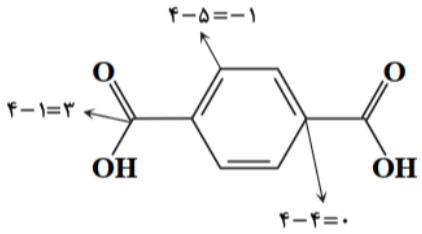
عبارت چهارم: کاربردهای گفته‌شده درست هستند.

بررسی عبارت نادرست:

عبارت دوم: مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در اتیلن گلیکول برابر ۲− است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۴۰ همهٔ عبارت‌های داده شده نادرست هستند.



عبارت اول: از اکسایش پارازایلن توسط محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات تهیه می‌شود.

عبارت دوم: یک اسید آلی آروماتیک به نام ترفتالیک اسید است و به‌طور مستقیم از تقطیر نفت خام به‌دست نمی‌آید.

عبارت سوم: برای تهیهٔ یک پلی‌استر، می‌توان آن را در شرایط مناسب با یک دی‌الکل وارد واکنش کرد.

عبارت چهارم: دارای ۳ دستهٔ اتم کربن با عددهای اکسایش متفاوت (صفر، ۱− و ۳+) است که مجموع اعداد اکسایش آن‌ها برابر ۲+ می‌باشد.

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

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۴۱ عبارت‌های «اول» و «چهارم» نادرست هستند.

عبارت اول: از آمونیاک در مبدل خودروهای دیزلی استفاده می‌شود.

عبارت چهارم: کاتالیزگر ΔH واکنش را تغییر نمی‌دهد.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۴۲ A و C جامد هستند و K فقط به $[B]$ مرتبط است: $K = \frac{1}{[B]}$ پس همهٔ B باید مصرف شود. در نتیجه باید مقدار B اضافه شده کمتر از مقدار A موجود باشد تا مجدداً تعادل ایجاد شود؛ بنابراین A به‌طور کامل مصرف می‌شود و تعادل جدیدی ایجاد نمی‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۴۳ با توجه به مقدار اولیه A و بازده دو واکنش، مقدار ۳ مول A در واکنش (I) و ۱ مول A در واکنش (II) مصرف می‌شود و ۱ مول مصرف نشده باقی می‌ماند.

	A	⇌	B	+	C
تعادل (I)	۱		۳		۳

$K = 9$

	۲A	⇌	۳D
تعادل (II)	۱		۳

$K = 27$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۴۴ فقط عبارت «اول» درست است.

عبارت دوم: در اکسایش اتن از $KMnO_4$ رقیق استفاده می‌شود.

عبارت سوم: در بازیافت شیمیایی PET از متانول استفاده می‌شود.

عبارت چهارم: به صرفه بودن از دیدگاه اتمی به معنی تبدیل بیشتر اتم‌ها به فرآورده‌های سودمند است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۴۵ عبارت‌های «ب» و «ت» درست‌اند.

در حضور کاتالیزگر، بدون تغییر محتوای انرژی فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها (یعنی ثابت ماندن آنتالپی واکنش)، انرژی فعال‌سازی واکنش کاهش یافته و واکنش با سرعت بیشتری پیشرفت کرده و در زمان کوتاه‌تری کامل می‌شود.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۴۶ با توجه به اینکه با افزایش دما، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود، واکنش باید گرماگیر $(\Delta H > 0)$ باشد. همچنین با توجه به اینکه افزایش فشار، تعادل را در جهت برگشت جابه‌جا می‌کند، تعداد مول‌های گازی سمت واکنش‌دهنده‌ها باید کمتر باشد؛ بنابراین گزینهٔ ۲ درست است.

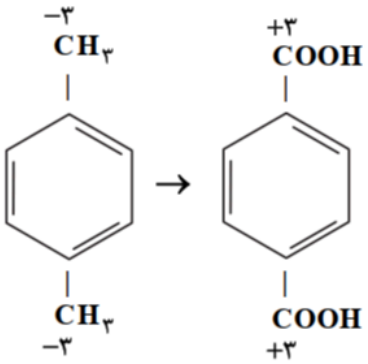
(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۴۷ فقط عبارت «سوم» درست است.

بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت اول: محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات این واکنش را انجام می‌دهد.

عبارت دوم: هر مول پارازایلن در تبدیل به ترفتالیک اسید، ۱۲ درجه اکسید می‌شود.



عبارت چهارم: انرژی فعال‌سازی این واکنش زیاد است.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۴۸ همهٔ عبارت‌ها درست هستند.

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۴۹

$۵۰^\circ C$

	A	$\rightleftharpoons$	۲B
اولیه	۳		۰
تعادل	$۳-x$		$۲x$

$$\frac{۴x^۲}{۳-x} = ۱۶ \Rightarrow x^۲ + ۴x - ۱۲ = ۰$$

$$\begin{cases} x < ۰ \text{ غ‌ق‌ق} \\ x = ۲ \ \checkmark \end{cases}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{۲}{۳} \times ۱۰۰ = ٪۶۶/۶$$

$۲۵^\circ C$

	A	$\rightleftharpoons$	۲B
اولیه	۲		۰
تعادل	$۲-x$		$۲x$

$$۴ = \frac{۴x^۲}{۲-x} \Rightarrow x^۲ + x - ۲ = ۰$$

$$\begin{cases} x < ۰ \text{ غ‌ق‌ق} \\ x = ۱ \ \checkmark \end{cases}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{۱}{۲} \times ۱۰۰ = ٪۵۰$$

$$\frac{۶۶/۶}{۵۰} = ۱/۳۳$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۵۰ **در فرایند اکسایش اتن به اتیلن گلیکول هر اتم کربن ۱ واحد اکسید می‌شود و مجموع تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر ۲ است.**

$$CH_2=CH_2 \rightarrow \overset{OH}{\underset{|}{CH_2}}-\overset{OH}{\underset{|}{CH_2}}$$

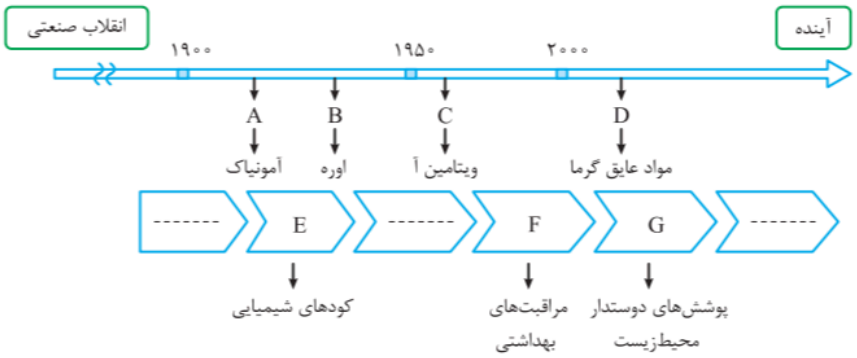
$$\downarrow -2 \qquad \downarrow -1$$

$$\text{تغییر عدد اکسایش} = 1$$

(گزینه دو ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۵۱ **پاسخ تشریحی**

پس از انقلاب صنعتی ابتدا کودهای شیمیایی و بعد فراورده‌های مربوط به مراقبت‌های بهداشتی و بعد از آن فراورده‌های مربوط به پوشش‌های دوستدار محیط زیست شناسایی و تولید شدند؛ بنابراین موارد A تا G در نمودار سؤال، به صورت روبه‌رو هستند:



(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۵۲ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها:

۱) هوای خشک و پاک یک **مخلوط همگن** (محلول گازی) است؛ یعنی مخلوطی از گازهای گوناگون است که **به طور یکنواخت** در هواکره پخش شده‌اند، نه غیریکنواخت!

۲) وبا از جمله بیماری‌های واگیردار است که با آلوده‌شدن آب و نبود بهداشت شایع می‌شود، نه از طریق آلودگی هوا!

۳) ترتیب مقدار آلاینده‌های تولیدی در یک خودرو (برحسب گرم) به ازای طی مسافت یک کیلومتر، به صورت $NO < C_xH_y < CO$ است.

۴) گاز قهوه‌ای‌رنگ NO_2 جزء آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودرو نیست و در اثر واکنش زیر در هواکره تولید می‌شود:

$$2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$$

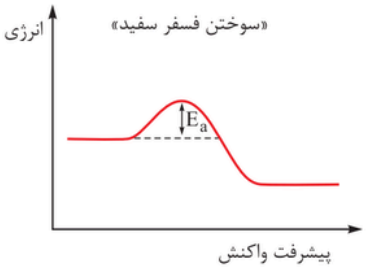
(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

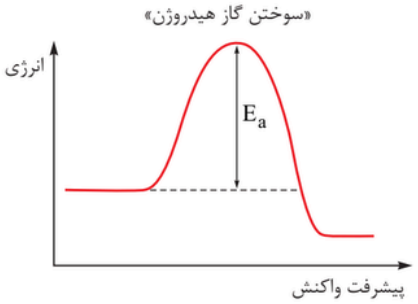
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۵۳ **پاسخ تشریحی** فقط عبارت دوم نادرست است.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: فسفر سفید برخلاف گاز هیدروژن در هوا و دمای اتاق می‌سوزد. این واقعیت نشان می‌دهد که انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن فسفر سفید در دما و هوای اتاق تأمین می‌شود، اما انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن گاز هیدروژن به قدری زیاد است که در دمای اتاق تأمین نمی‌شود.





سوختن گاز هیدروژن > سوختن فسفر سفید : E_a در دمای اتاق

عبارت دوم:

کاربردهای طیف‌سنجی فروسرخ	تشخیص گروه‌های عاملی
	شناسایی آلاینده‌هایی مانند CO و NO_x در هواکره
	شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای

MRI از کاربردهای طیف‌سنجی فروسرخ نیست! (صرفاً جهت اطلاع ☺ : در دستگاه تصویربرداری MRI، از یک میدان مغناطیسی قوی و امواج رادیویی استفاده می‌شود.)

عبارت سوم: کاتالیزگرها اغلب اختصاصی و انتخابی عمل می‌کنند و هر کاتالیزگر به شمار معدودی واکنش سرعت می‌بخشد.

عبارت چهارم: *کاملاً درسته*، علاوه بر پرتوهای فروسرخ، دیگر پرتوها مانند پرتوهای مرئی، فرابنفش و ... نیز با ماده برهم‌کنش دارند.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۵۴ عبارت‌های «الف»، «ب» و «ت» درست هستند.

پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

الف) گازهای نیتروژن و اکسیژن در دما و فشار اتاق با هم واکنش نمی‌دهند، اما درون موتور خودرو در دماهای بالای $1000^\circ C$ و هم‌چنین در اثر رعد و برق در طبیعت با هم واکنش می‌دهند و گاز NO تولید می‌شود.

ب) x همان NO و y همان NO_2 هستند که در ساختار لوویس هر دو ماده، الکترون تک وجود دارد (رادیکال (گونه‌هایی بسیار واکنش‌پذیر) هستند) و در آن‌ها اتم‌های N از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند.

$:\dot{N}=\ddot{O}:$ $:\ddot{O}-\dot{N}=\ddot{O}:$

پ) مقایسهٔ حداکثر غلظت این آلاینده‌ها در طول شبانه‌روز به صورت $\underbrace{NO_2}_{y} > \underbrace{O_3}_{z} > \underbrace{NO}_{x}$ است.

ت) برخی از واکنش‌ها، به چند طریق موازنه می‌شوند. با این‌که واکنش $NO_2 + O_2 \rightarrow NO + O_3$ موازنه‌شده است، ولی می‌توان معادلهٔ موازنه‌شدهٔ آن را به صورت زیر نیز نوشت: (بیایید نسبت ضریب x (NO) به z (O_3) را برابر $\frac{1}{2}$ در نظر بگیریم.)

$$1\underbrace{NO_2}_{y} + \frac{5}{2}O_2 \rightarrow 1\underbrace{NO}_{x} + 2\underbrace{O_3}_{z} \xrightarrow{\text{همهٔ ضرایب در ۲ ضرب می‌شوند}} 2\underbrace{NO_2}_{y} + 5O_2 \rightarrow 2\underbrace{NO}_{x} + 4\underbrace{O_3}_{z}$$

$$\frac{\text{ضریب } x}{\text{ضریب } z} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} \Rightarrow \text{ضریب } O_2 = 5$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

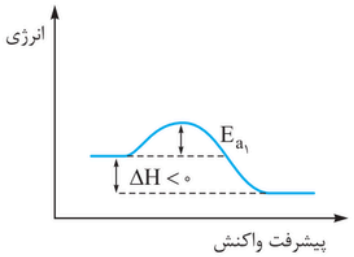
۲۵۵ عبارت‌های اول و سوم درست‌اند.

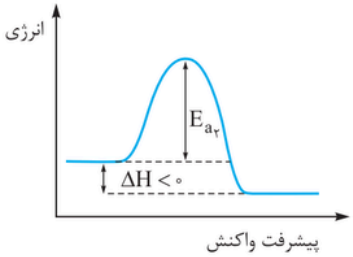
پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: در همهٔ واکنش‌های شیمیایی، اگر انرژی فعال‌سازی واکنش تأمین نشود، واکنش هرگز انجام نمی‌شود و واکنش‌دهنده(ها) دست‌نخورده باقی می‌ماند.

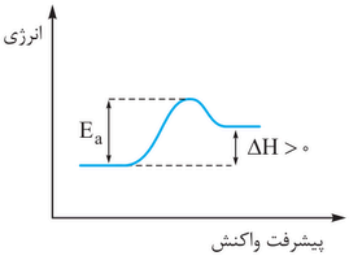
عبارت دوم: سرعت واکنش هیچ ربطی به گرماده یا گرماگیر بودن آن (ΔH واکنش) ندارد. در واکنش‌های گرماده، سطح انرژی فراورده‌ها کم‌تر از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها است، ولی مقدار انرژی فعال‌سازی این واکنش‌ها (تفاوت سطح انرژی ذرهٔ به‌وجودآمده در قلهٔ نمودار با سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها) می‌تواند کم (نمودار ۱) یا زیاد (نمودار ۲) باشد.

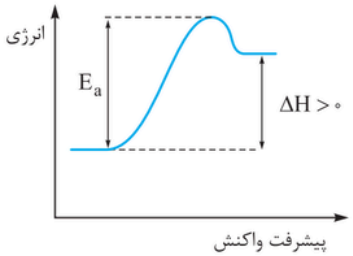
(۱) (۲)





برای واکنش‌های گرماگیر نیز مقدار E_a می‌تواند کم یا زیاد باشد.





عبارت سوم: افزایش دما به مقدار کافی، با تأمین انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها، سرعت آن‌ها را افزایش می‌دهد (دقت کنید که استفاده از کاتالیزگر با کاهش E_a و تأمین‌شدن آن، سبب افزایش سرعت واکنش‌ها می‌شود، ولی افزایش دما، مقدار E_a را تغییر نمی‌دهد.)

عبارت چهارم: *چه ربطی داره؟!* سرعت واکنش تنها به مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش (تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها با ذرهٔ به‌وجودآمده در قلهٔ نمودار) وابسته است، مثلاً در واکنش‌های گرماده، سطح انرژی فراورده‌ها پایین‌تر از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها است و فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها پایدارترند، اما همان‌طور که در عبارت دوم گفته شد، مقدار E_a در این واکنش‌ها می‌تواند کم یا زیاد باشد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۵۶ عبارت‌های اول و چهارم، درست و عبارت‌های دوم و سوم، نادرست‌اند.

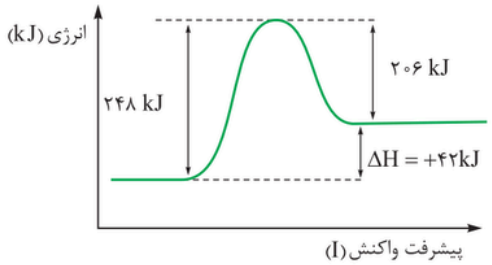
پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: انرژی فعال‌سازی واکنش (I) برابر $۲۴۸\,kJ$ و انرژی فعال‌سازی واکنش (II) برابر $۱۸۳\,kJ$ است. می‌دانیم، هر چه انرژی فعال‌سازی واکنش کم‌تر باشد، سرعت آن واکنش، بیشتر خواهد بود؛ پس سرعت مصرف $D_۲$ در واکنش(II) نسبت به سرعت تولید آن در واکنش (I)، بیشتر است.

عبارت دوم: انرژی مورد نیاز برای انجام واکنش همان E_a واکنش است.

$$E_{a(I)} - E_{a(II)} = ۲۴۸ - ۱۸۳ = ۶۵\,kJ$$

عبارت سوم: با توجه به نمودار داده‌شده، آنتالپی واکنش (I) برابر $+۴۲$ کیلوژول است و واکنش گرماگیر است؛ پس گرما مصرف می‌شود، نه آزاد!



$$۲A(g) + ۴۲\,kJ \rightarrow D_۲(g) + E_۲(g)$$

روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

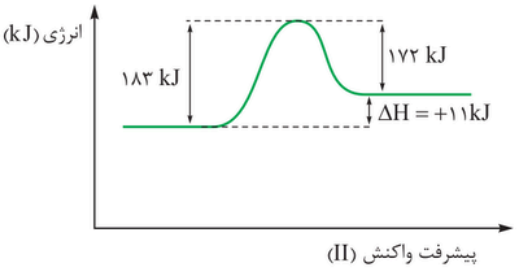
$$?\,kJ\ \text{گرما} = ۱\,mol\,A \times \frac{۴۲\,kJ\ \text{گرما}}{۲\,mol\,A} = ۲۱\,kJ$$ گرما مصرف می‌شود.

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\underbrace{\text{مول}}_{\text{ماده A}}}{\underbrace{\text{ضریب}}_{۱}} = \frac{Q}{\underbrace{|\Delta H|}_{\text{انرژی}}} \Rightarrow \frac{۱}{۲} = \frac{Q}{|۴۲|} \Rightarrow Q = ۲۱\,kJ$$

عبارت چهارم: با توجه به نمودارهای داده‌شده، آنتالپی واکنش (I) برابر $+۴۲\,kJ$ و آنتاپی واکنش (II) برابر $+۱۱\,kJ$ است؛ پس داریم:

$$\text{تفاوت آنتالپی دو واکنش} = ۴۲ - ۱۱ = ۳۱\,kJ$$



(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۵۷ **پاسخ تشریحی** زمان انجام واکنش، سطح انرژی قلهٔ نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش و انرژی فعال‌سازی در حضور کاتالیزگر کاهش می‌یابد (۳ مورد).

با افزایش دما، انرژی واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فراورده‌ها افزایش می‌یابد (۲ مورد).

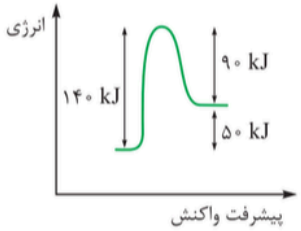
(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

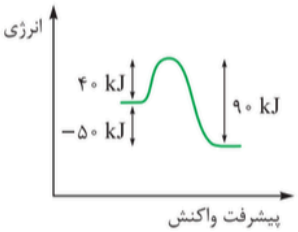
۲۵۸ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست‌اند.

پاسخ تشریحی چون در صورت سؤال اشاره‌ای نشده است که سطح انرژی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها، $۵۰\,kJ$ بیشتر یا کم‌تر است؛ بنابراین دو حالت متفاوت می‌توان در نظر گرفت:

الف) سطح انرژی فراورده‌ها بالاتر از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها است (واکنش گرماگیر):



ب) سطح انرژی فراورده‌ها پایین‌تر از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها است (واکنش گرماده):



بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: در واکنش گرماده (ب)، $\Delta H < ۰$ است و E_a واکنش برابر $۴۰\,kJ$ می‌باشد، ولی در واکنش گرماگیر (الف)، $\Delta H > ۰$ بوده و E_a واکنش برابر $۱۴۰\,kJ$ است. از آن‌جا که سرعت واکنش با E_a واکنش رابطهٔ وارونه دارد، سرعت واکنش در حالتی که واکنش گرماده است (یعنی واکنش ب)، بیشتر می‌باشد.

عبارت دوم: در واکنش‌های گرماگیر، آنتالپی فراورده‌ها از آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است. در واکنش گرماگیر (الف)، E_a واکنش برابر $۱۴۰\,kJ$ است.

عبارت سوم: در واکنش‌های گرماگیر $(\Delta H > ۰)$، مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها از مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها بیشتر است:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها} - \text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}$$

در واکنش گرماگیر (الف)، E_a واکنش برابر $۱۴۰\,kJ$ است.

عبارت چهارم: در هر دو حالت گرماگیر (الف) و گرماده (ب)، قدرمطلق تفاوت E_a واکنش رفت و E_a واکنش برگشت، برابر $۵۰\,kJ$ است. (قدرمطلق آنتالپی هر دو واکنش برابر $۵۰\,kJ$ است.)

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۵۹ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها:

۱) سرعت واکنش سوختن هیدروژن (بدون حضور کاتالیزگر)، مانند سرعت واکنش گازهای نیتروژن با هیدروژن در دمای اتاق، ناچیز است و عملاً انجام نمی‌شود. (انرژی فعال‌سازی هر دو واکنش بسیار زیاد است.)

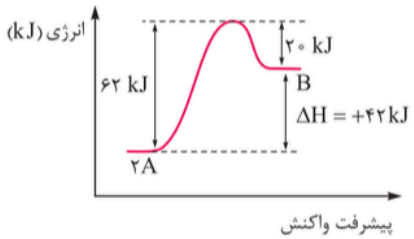
۲) واکنش سوختن هیدروژن در حضور جرقه همانند انجام واکنش در حضور کاتالیزگر توری پلاتینی، به صورت انفجاری انجام می‌شود. در حضور کاتالیزگر پودر روی، واکنش سریع انجام می‌شود، نه انفجاری!

۳) توری پلاتینی نسبت به پودر روی، کاتالیزگر مناسب‌تری برای واکنش سوختن هیدروژن است و E_a واکنش و در واقع سطح انرژی قلهٔ نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش را، بیشتر کاهش می‌دهد.

۴) استفاده از جرقه و حتی استفاده از کاتالیزگر، آنتالپی واکنش (تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها) را تغییر نمی‌دهد؛ پس در دمای ثابت، به ازای مصرف مقدار معینی گاز هیدروژن، گرمای یکسانی در هر حالت مبادله می‌شود.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۶۰ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** با استفاده از مقادیر E_a برای واکنش‌های (۱) و (۳)، نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش $2A \rightarrow B$ را رسم کرده و مقدار آنتالپی واکنش (b) را حساب می‌کنیم.



$\Rightarrow \boxed{b = 42}$

گام دوم: از روی گرمای داده‌شده بر مس، آنتالپی واکنش $X \rightarrow Y$ را به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta = 2100 \times 0/4 \times 10 = 8400J \times 10^{-3} = 8/4kJ$$

$$?kJ\ \text{گرما} = 1mol\ x \times \frac{8/4kJ}{0/5mol\ x} = 16/8kJ$$

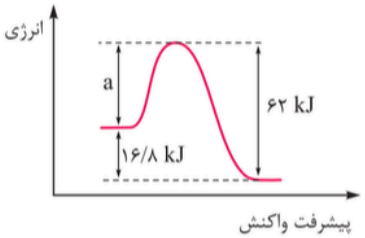
روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

چون در این واکنش گرما آزاد شده و سبب افزایش دمای مس شده است؛ پس واکنش گرماده است و ΔH آن برابر $-16/8kJ$ است.

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\text{مول}}{\underbrace{\text{ضریب} \times 1}_{\text{ماده X}}} = \frac{Q\ \text{یا}\ (mc\Delta\theta)}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{0/5}{1 \times 1} = \frac{2100 \times 0/4 \times 10}{|\Delta H|} \Rightarrow \Delta H = -16800J \Rightarrow \Delta H = -16/8kJ$$

گام سوم: با توجه به این‌که گفته شده، در نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش‌ها، فاصلهٔ قلهٔ نمودارها تا فراورده‌ها، در واکنش‌های $B \rightarrow 2A$ و $X \rightarrow Y$ برابر است؛ پس نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش $X \rightarrow Y$ به صورت مقابل است:



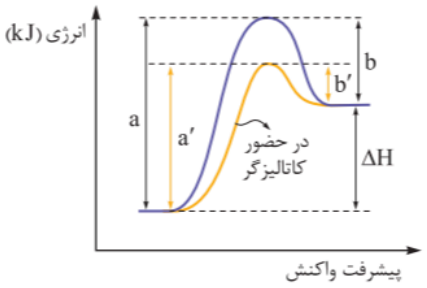
$\Rightarrow a + 16/8 = 62 \Rightarrow a = 45/2kJ$

$$a + b = 45/2 + 42 = \boxed{87/2}$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶۱ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** ابتدا نسبت‌های داده‌شده را با استفاده از نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش می‌نویسیم:



$$\Delta H = a - b = a' - b'$$

$$\frac{a}{b} = \frac{۵}{۳} \Rightarrow b = \frac{۳}{۵}a = ۰/۶a$$

$$\frac{b'}{\Delta H} = \frac{۳}{۴} \Rightarrow \frac{b'}{a-b} = \frac{۳}{۴} \Rightarrow b' = \frac{۳}{۴}(a - \overset{۰/۶a}{b}) = \frac{۳}{۴}(۰/۴a) = ۰/۳a$$

گام دوم: درصد کاهش b را حساب می‌کنیم:

$$\text{درصد کاهش مقدار } b = \frac{b-b'}{b} \times ۱۰۰ = \frac{۰/۶a - ۰/۳a}{۰/۶a} \times ۱۰۰ = ٪۵۰$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۶۲ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها:

۱ مبدل‌های کاتالیستی، توری‌هایی از جنس سرامیک هستند که سطح آن‌ها با فلزهای پلاتین (Pt)، پالادیم (Pd) و رودیم (Rd) پوشانده شده است.

۲ برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی قطعهٔ سرامیکی را به شکل مِش (دانه)های ریز درمی‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند؛ زیرا سطح تماس مش‌ها از توری بیشتر است.

۳ و ۴ با این‌که مبدل‌های کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کنند (کاتالیزگرها در واکنش مصرف نمی‌شوند و دست‌نخورده باقی می‌مانند)، اما پس از مدت معین، کارایی آن‌ها کاهش می‌یابد و دیگر قابل استفاده نبوده و باید تعویض شوند (کاهش کارایی مبدل کاتالیستی می‌تواند به دلیل وجود ناخالصی‌هایی مانند سرب و گوگرد در بنزین با کیفیت پایین باشد.)

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶۳ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** با توجه به این‌که هر دو واکنش حذف آلاینده‌های CO و NO در مبدل کاتالیستی خودروها، گرماده هستند، ابتدا گرمای آزادشده از حذف NO به ازای طی ۹۰km مسافت در خودرو را محاسبه می‌کنیم.

روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$\Delta H = -۱۸۰\,kJ$$

$$۲NO(g) \rightarrow N_۲(g) + O_۲(g)$$

$$?kJ = ۹۰km \times \frac{(۱/۰۴ - ۰/۰۴)g\,NO}{۱km} \times \frac{۱mol\,NO}{۳۰g\,NO} \times \frac{۱۸۰kJ}{۲mol\,NO} = ۲۷۰kJ$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\underbrace{\text{جرم}}_{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}}{NO} = \frac{Q}{|\Delta H|}$$

$$\frac{۹۰(km) \times ۱(g/km)}{۲ \times ۳۰} = \frac{Q}{۱۸۰} \Rightarrow Q = ۲۷۰kJ$$

گام دوم: گرمای آزادشده به ازای حذف CO را حساب می‌کنیم:

$$۵۱۳۰ - ۲۷۰ = ۴۸۶۰kJ$$

گام سوم: جرم CO حذف‌شده در مبدل را به ازای طی مسافت ۱km در خودرو، به دست می‌آوریم:

روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$۲CO(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲CO_۲(g) \qquad \Delta H = -۵۶۰kJ$$

$$?gCO = ۱km \times \frac{۴۸۶۰kJ\,\text{گرما}}{۹۰km} \times \frac{۲mol\,CO}{۵۶۰kJ\,\text{گرما}} \times \frac{۲۸g\,CO}{۱mol\,CO} = ۵/۴g$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\underbrace{\text{جرم}}_{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}}{CO} = \frac{Q}{|\Delta H|}$$

$$\Rightarrow \frac{۹۰(km) \times a(g/km)}{۲ \times ۲۸} = \frac{۴۸۶۰}{۵۶۰} \Rightarrow a = ۵/۴g/km$$

گام چهارم: در نهایت جرم CO باقی‌مانده در حضور مبدل (x) را حساب می‌کنیم:

$$x = ۶ - a \Rightarrow x = ۶ - ۵/۴ = ۰/۶$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶۴ عبارت‌های اول و سوم درست‌اند.

پاسخ تشریحی بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: یکی از روش‌های تأمین انرژی فعال‌سازی، گرمادادن به واکنش‌دهنده‌ها است. برای مثال، هنگامی که نوک کبریت روی سطح زبر قوطی کشیده می‌شود، گرما تولید می‌شود. این گرما، انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن کبریت را تأمین می‌کند.

عبارت دوم: *مگه داریم؟!* کاتالیزگر با تغییر مسیر واکنش، فقط انرژی فعال‌سازی را کاهش داده و باعث می‌شود واکنش‌دهنده‌ها سریع‌تر به فراورده‌ها تبدیل شوند.

حواستون باشه کاتالیزگر، سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها و در نتیجه ΔH واکنش را تغییر نمی‌دهد.

عبارت سوم: چون در مبدل خودروهای دیزلی برای حذف اکسیدهای نیتروژن، بخش جداگانه‌ای در نظر گرفته شده است، می‌توان گفت که مبدل‌های خودروهای دیزلی برخلاف مبدل‌های خودروهای بنزینی، دومرحله‌ای‌اند.

عبارت چهارم: هر یک از گروه‌های عاملی، گسترهٔ معین و منحصربه‌فردی از پرتوهای فروسرخ را جذب می‌کنند. براساس همین تفاوت، با استفاده از طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان گروه‌های عاملی را از یکدیگر تشخیص داد.

حواستون باشه با این‌که اتانول و دی‌متیل اتر فرمول مولکولی یکسانی دارند (C_2H_6O)، ولی نوع گروه‌های عاملی این دو ترکیب متفاوت است. (اتانول دارای گروه عاملی هیدروکسیل $-OH$ و دی‌متیل اتر دارای گروه عاملی اتری $-O-$ است.)

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۶۵ **نکته** در بین عوامل مؤثر بر تعادل، فقط دما است که می‌تواند مقدار ثابت تعادل واکنش را تغییر دهد.

پاسخ تشریحی ثابت تعادل فقط به دما بستگی دارد و با تغییر دما می‌توان مقدار عددی ثابت تعادل را تغییر داد (رد ۲ و ۳). افزایش فشار تعادل را در جهت تولید مول گازی کم‌تر جابه‌جا می‌کند، پس با افزایش فشار، واکنش تعادلی هابر $\underbrace{N_2(g)+3H_2(g)}_{\text{۴ مول گاز}} \rightleftharpoons \underbrace{2NH_3(g)}_{\text{۲ مول گاز}}$ در جهت رفت (تولید آمونیاک بیشتر) جابه‌جا می‌شود و درصد مولی آمونیاک (فراورده) در مخلوط واکنش افزایش می‌یابد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶۶ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های سوم و چهارم درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: ترتیب تولید فراورده‌های حاصل از فناوری‌های شیمیایی در گذر زمان به صورت زیر است:

انقلاب صنعتی → تهیهٔ آمونیاک → $[CO(NH_2)_2]$ تهیهٔ اوره → $(C_{20}H_{30}O)A$ تهیهٔ ویتامین → ساخت مواد عایق گرما

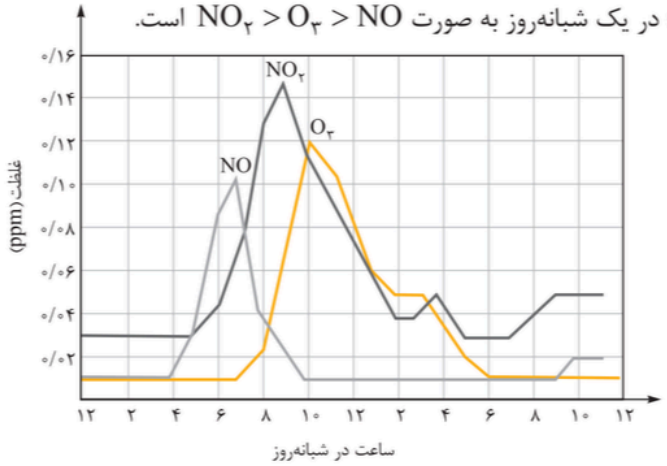
کودهای شیمیایی (تأمین غذای جمعیت جهان) | افزایش مراقبت‌های بهداشتی | پوشش‌های دوستدار محیط زیست

عبارت دوم: دلیل رنگ قهوه‌ای هوای آلوده، وجود $NO_2(g)$ است که عدد اکسایش نیتروژن در آن برابر $(+4)$ است.

$$\underline{N}O_2 : N + 2(-2) = 0 \Rightarrow N = +4$$

عبارت سوم: طیف‌سنجی همان مطالعهٔ برهم‌کنش‌های میان ماده و پرتوهای الکترومغناطیسی است و برای شناسایی ساختار مواد به کار می‌رود.

عبارت چهارم: مقایسهٔ بیشترین مقدار این آلاینده‌ها (ماکزیمم نمودارها) در یک شبانه‌روز به صورت $NO_2 > O_3 > NO$ است.



(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۶۷ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها:

۱) در نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش داده‌شده، سطح انرژی فراورده‌ها بالاتر از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها است، پس واکنش گرماگیر می‌باشد. واکنش تبدیل O_2 به O_3 نیز واکنشی گرماگیر است.

۲) هر چه سطح انرژی قلهٔ نمودار پایین‌تر باشد، اختلاف سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها تا قلهٔ نمودار (انرژی فعال‌سازی)کم‌تر خواهد بود. از طرف دیگر، سرعت واکنش با E_a رابطهٔ عکس دارد. پس در شرایط (۲)، سرعت واکنش بیشتر است.

۳) افزایش دما با تأمین انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش را افزایش می‌دهد ولی مقدار عددی انرژی فعال‌سازی را تغییر نمی‌دهد.

۴) آنتالپی واکنش با استفاده از آنتالپی پیوند مواد شرکت‌کنندهٔ گازی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

ΔH (واکنش) = مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده − مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده

پس در واکنش‌های گرماگیر، مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش‌دهنده از مجموع آنتالپی پیوند مواد فراورده بیشتر است.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۶۸ **پاسخ تشریحی** فقط مورد «الف» درست است.

بررسی موارد:

الف) با ایجاد جرقه در مخلوط گازهای هیدروژن و اکسیژن، انرژی فعال‌سازی واکنش تأمین شده و واکنش به صورت انفجاری انجام می‌شود.

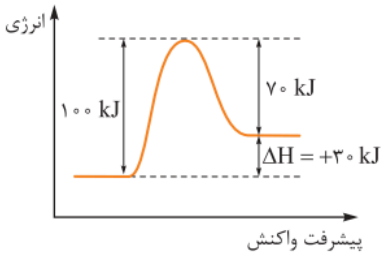
ب) در حضور کاتالیزگر پودر روی، واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن سریع انجام می‌شود.

پ) در حضور کاتالیزگر، سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها فراورده‌ها تغییر نمی‌کند و آنتالپی واکنش $(-۵۷۲\,kJ)$ ثابت می‌ماند.

ت) توری پلاتینی انرژی فعال‌سازی واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن را بیشتر از پودر روی کاهش می‌دهد؛ در نتیجه واکنش به صورت انفجاری انجام می‌شود و توری پلاتینی کاتالیزگر مناسب‌تری برای سوختن هیدروژن محسوب می‌شود.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۶۹ **پاسخ تشریحی** نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش را رسم می‌کنیم.



واکنش گرماگیر است و اختلاف سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در آن (ΔH) برابر $+۳۰\,kJ$ است.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷۰ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** برای این‌که به واکنش: $2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$ برسیم، باید واکنش اول را معکوس و در $\frac{1}{2}$ ضرب کنیم تا $2NO$ در سمت چپ معادله قرار گیرد. به واکنش دوم دست نمی‌زنیم تا N_2 سمت راست معادله بماند و واکنش سوم را معکوس و در $\frac{3}{2}$ ضرب می‌کنیم تا $\frac{3}{2}O_2$ در سمت چپ قرار گیرد و با $\frac{5}{2}O_2$ سمت راست معادلهٔ اول ساده شود تا یک مول O_2 در سمت راست باقی بماند.

$$2NO(g) + 3H_2O(g) \rightarrow 2NH_3(g) + \frac{5}{2}O_2(g) \quad \Delta H = -900 \times -\frac{1}{2} = 450\ kJ$$

$$2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3H_2(g) \quad \Delta H = 92\ kJ$$

$$3H_2(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow 3H_2O(g) \quad \Delta H = 480 \times -\frac{3}{2} = -720\ kJ$$

$$2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H_{\text{کلی}} = 450 + 92 + (-720) = -178\ kJ$$

گام دوم: گرمای آزادشده به ازای مصرف ۰/۳ گرم NO را محاسبه می‌کنیم.

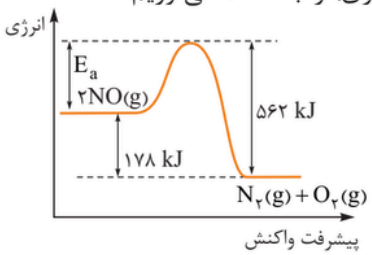
روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$?kJ = 0/3\ g\ NO \times \frac{1\ mol\ NO}{30\ g\ NO} \times \frac{178\ kJ}{2\ mol\ NO} = 0/89\ kJ$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{NO}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{0/3}{2 \times 30} = \frac{Q}{178} \Rightarrow Q = 0/89\ kJ$$

گام سوم: از روی نمودار انرژی ـ پیشرفت واکنش، حداقل انرژی لازم برای شروع واکنش (انرژی فعال‌سازی) را به دست می‌آوریم.



$$\Rightarrow E_a = 562 - 178 = 384\ kJ$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۷۱ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های اول، چهارم و پنجم درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: هر سه واکنش انجام‌شده در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای بنزینی، گرماده و از نوع اکسایش ـ کاهش هستند.

عبارت دوم: در مبدل‌های کاتالیستی خودروهای دیزلی، برای حذف اکسیدهای نیتروژن از آمونیاک استفاده می‌شود.

عبارت سوم: مبدل کاتالیستی از جنس سرامیک است. تنها سطح آن‌ها با فلزهای پلاتین، پالادیم و رودیم پوشانده شده است.

عبارت چهارم: در واکنش‌های حذف CO و C_xH_y، گاز O_2 واکنش‌دهنده است، ولی در واکنش حذف NO، گاز O_2 فراورده می‌باشد.

عبارت پنجم: در دماهای پایین، کارایی مبدل‌های کاتالیستی کاهش می‌یابد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷۲ **پاسخ تشریحی**

گام اول: مقادیر مول اولیه، تغییرات مول و مول‌های تعادلی مواد شرکت‌کننده را می‌نویسیم.

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

مول‌های اولیه:	n	0	0
تغییرات مول:	$-2x$	$+2x$	$+x$
مول‌های تعادلی:	$n-2x$	$2x$	x
	$(n-9)\ mol$	$9\ mol$	$4/5\ mol$

گام دوم: غلظت‌های تعادلی مواد شرکت‌کننده را در رابطهٔ ثابت تعادل جای‌گذاری می‌کنیم تا حجم ظرف واکنش به دست بیاید (غلظت تعادلی A در روی نمودار برابر $3\ mol.L^{-1}$ است).

$$K = \frac{(\frac{n_B}{V})^2 \times (\frac{n_C}{V})^1}{[A]^2}$$

$$\frac{1}{9} \quad \frac{1}{4/5} = \frac{(\frac{9}{V})^2 \times (\frac{4/5}{V})^1}{3^2} = \frac{\frac{9 \times 9 \times 4/5}{V^3}}{\frac{9}{1}} = \frac{1}{9 \times V^3} \Rightarrow 1 = \frac{1}{V^3} \Rightarrow V = 1\ L$$

گام سوم: مول اولیهٔ A را محاسبه می‌کنیم.

$$\text{غلظت تعادلی A} = 3\ mol.L^{-1} \Rightarrow \frac{n-9}{V} = 3 \Rightarrow \frac{n-9}{1} = 3 \Rightarrow n = 12\ mol$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۷۳ **پاسخ تشریحی** فقط مورد «ب» درست است.

در واکنش تعادلی گازی: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$، با افزایش حجم ظرف (کاهش فشار) تعادل در جهت برگشت (تولید مول گازی بیشتر) جابه‌جا می‌شود.

بررسی موارد:

الف) در واکنش: $O_2(g) + 2F_2(g) \rightleftharpoons 2OF_2(g)$، با افزایش فشار (کاهش حجم)، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

ب) در واکنش: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$، با افزایش فشار (کاهش حجم)، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

پ) در واکنش: $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$، چون شمار مول‌های مواد گازی‌شکل در دو طرف معادلهٔ واکنش برابر است، تغییر فشار (تغییر حجم) تعادل را جابه‌جا نمی‌کند.

ت) در واکنش: $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$، هیچ مادهٔ گازی در تعادل وجود ندارد و تغییر فشار (تغییر حجم) تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷۴ **پاسخ تشریحی** چون حجم ظرف واکنش برابر یک لیتر است، پس می‌توان به جای غلظت‌های تعادلی، مول‌های تعادلی، A و C را در رابطهٔ ثابت تعادل جای‌گذاری کرده و مقدار عددی ثابت تعادل را به دست آورد.

$$A(g) \rightleftharpoons ۲C(g) \Rightarrow K=\frac{n_C^{۲}}{n_A}=\frac{۳^{۲}}{۱}=۹\ mol.L^{-۱}$$

با افزودن ۲ مول A، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود تا به تعادل جدید برسد.

	$A(g)$	$\rightleftharpoons$	$۲C(g)$
مول‌ها در تعادل اولیه:	۱		۳
لحظهٔ اعمال تغییر:	۱+۲		۳
تغییر بر اثر جابه‌جایی تعادل:	$-x$	(جابه‌جایی تعادل به سمت راست)	$+۲x$
مقدار نهایی:	$۳-x$		$۳+۲x$

$$K=\frac{(۳+۲x)^{۲}}{۳-x}=۹ \Rightarrow ۴x^{۲}+۱۲x+۹=۲۷-۹x$$

$$۴x^{۲}+۲۱x-۱۸=۰ \xrightarrow{\Delta=\sqrt{۲۱^{۲}-(۴\times۴\times-۱۸)}} x=\frac{-۲۱\pm\sqrt{۴۴۱+۲۸۸}}{۸}$$

$$x_۱=\frac{-۲۱+۲۷}{۸}=\frac{۶}{۸}=\frac{۳}{۴}\ \text{قابل قبول} \quad x_۲=\frac{-۲۱-۲۷}{۸}=-۶\ \text{غیر قابل قبول}$$

پس مول تعادلی C در تعادل جدید برابر است با:

$$n_C=۳+۲x=۳+(۲\times۰/۷۵)=۴/۵\ mol$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۷۵ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های «الف» و «ب» نادرست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

الف) طبق اصل لوشاتلیه هنگامی که در دمای ثابت، غلظت یکی از مواد شرکت‌کننده در سامانهٔ تعادلی افزایش یابد، واکنش در جهت مصرف آن پیش می‌رود که تا حد امکان مقداری از آن را مصرف کند و به تعادل جدید برسد. به عبارت دیگر، در این تعادل، اثر تغییر اعمال‌شده به طور کامل از بین نمی‌رود؛ پس در این واکنش، ۰/۱ مول گاز اکسیژن افزوده شده به تعادل، به طور کامل مصرف نمی‌شود و در نتیجه ۰/۲ مول بُرم تولید نمی‌شود.

ب) در تعادل گازی: $NO_۲(g)+O_۲(g) \rightleftharpoons NO(g)+O_۳(g)$، شمار مول‌های گازی دو طرف معادلهٔ واکنش برابر است و کاهش حجم تأثیری بر جابه‌جایی تعادل ندارد، اما با کاهش حجم ظرف واکنش، غلظت همهٔ مواد گازی به یک نسبت افزایش می‌یابد.

پ) *از اون‌جایی که* تعادل: $aA(g) \rightleftharpoons bB(g)$، با کاهش فشار در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود، شمار مول‌های گازی در طرف چپ معادله (a) از شمار مول‌های گازی در طرف راست معادله (b) بیشتر است $(a>b)$. از طرف دیگر، مطابق قانون پایستگی جرم، مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها باید با مجموع جرم فراورده‌ها برابر باشد:

$$a\times A\text{ جرم مولی}=b\times B\text{ جرم مولی} \Rightarrow \frac{B\text{ جرم مولی}}{A\text{ جرم مولی}}=\frac{a}{b}>۱ \Rightarrow B\text{ جرم مولی}>A\text{ جرم مولی}$$

ت) تعادل گازی: $N_۲O_۴(g) \rightleftharpoons ۲NO_۲(g)$، یک واکنش گرماگیر است؛ بنابراین با کاهش دما تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و غلظت گاز قهوه‌ای‌رنگ $NO_۲$ کاهش می‌یابد و شدت رنگ قهوه‌ای کم‌تر می‌شود.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷۶ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** در تعادل گازی: $A(g) \rightleftharpoons B(g)$، یک مول A در ظرف قرار داده شده و تعادل ٪۵۰ پیشرفت کرده است، یعنی ۰/۵ مول A تا لحظهٔ تعادل مصرف شده است.

چون ضرایب مولی مواد واکنش‌دهنده و فراورده برابر است، پس می‌توان به جای غلظت‌های تعادلی، مول‌های تعادلی را در رابطهٔ ثابت تعادل جای‌گذاری کرد.

دمای T:	$A(g)$	$\rightleftharpoons$	$B(g)$
مول اولیه:	۱		۰
تغییرات مول:	−۰/۵		+۰/۵
مول ثانویه (تعادلی):	۰/۵		۰/۵

$$K=\frac{n_B}{n_A}=\frac{۰/۵}{۰/۵}=۱$$

گام دوم: ثابت تعادل در دمای $T'(K')$، ۱/۵ برابر K است، پس داریم:

$$K'=۱/۵\times K=۱/۵\times ۱=۱/۵$$

دمای T:	$A(g)$	$\rightleftharpoons$	$B(g)$
مول اولیه:	۱		۰
تغییرات مول:	−x		+x
مول ثانویه (تعادلی):	۱−x		x

$$\Rightarrow K'=\frac{x}{۱-x} \Rightarrow ۱/۵=\frac{x}{۱-x} \Rightarrow ۱/۵-۱/۵x=x \Rightarrow ۱/۵=۲/۵x \Rightarrow x=۰/۶$$

پس درصد پیشرفت تعادل در دمای T'، برابر ٪۶۰ $(\frac{۰/۶}{۱}\times ۱۰۰=۶۰)$ است.

گام سوم: نسبت درصد پیشرفت در دو دما را محاسبه می‌کنیم.

$$\frac{\text{درصد پیشرفت در دمای } T'}{\text{درصد پیشرفت در دمای } T}=\frac{۶۰}{۵۰}=۱/۲$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷۷ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های دوم و چهارم نادرست‌اند.

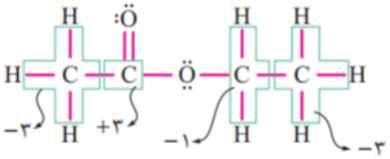
بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: از کلرو اتان (C_2H_5Cl) به عنوان افشانهٔ بی‌حس‌کنندهٔ موضعی استفاده می‌شود.

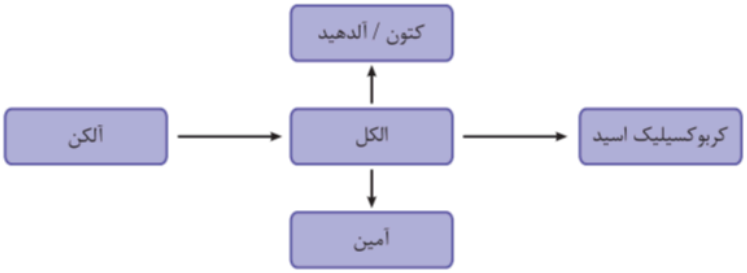
عبارت دوم: اتانول (C_2H_5OH) یک ضدعفونی‌کننده است که از واکنش گاز اتن با آب در محیط اسیدی $(pH < 7)$ تهیه می‌شود.

$$C_2H_4(g) + H_2O(l) \xrightarrow{H_2SO_4} C_2H_5OH(l)$$

عبارت سوم: با توجه به ساختار لوویس اتیل استات، در ساختار آن دو اتم کربن با عدد اکسایش ۳− وجود دارد.



عبارت چهارم: نمودار زیر، الگوی کلی تبدیل برخی مواد شیمیایی به یکدیگر را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار آلدهیدها و کتون‌ها را می‌توان از الکل‌ها تهیه کرد.



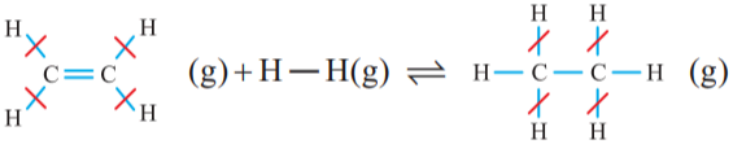
(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۷۸ **پاسخ تشریحی** موردهای دوم، سوم و چهارم درست‌اند.

بررسی موارد:

مورد اول: از روی آنتالپی پیوندهای داده‌شده در جدول، آنتالپی واکنش هیدروژن‌دار کردن اتیلن را محاسبه می‌کنیم تا ببینیم واکنش گرماگیر است یا گرماده:

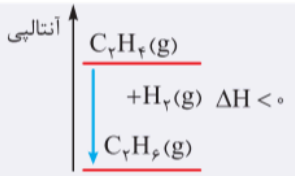


$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \underset{\text{واکنش‌دهنده‌ها}}{\text{مجموع آنتالپی پیوند}} - \underset{\text{پیوند فراورده‌ها}}{\text{مجموع آنتالپی}} = [((۱\times\Delta H_{(C=C)})+(۱\times\Delta H_{(H-H)})]-[۲\Delta H_{(C-H)}+(۱\times\Delta H_{(C-C)})]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = (۱\times۶۱۴)+(۱\times۴۳۶)-[(۲\times۴۱۵)+(۱+۳۴۸)]=۱۰۵۰-۱۱۷۸=-۱۲۸\ \text{kJ}$$

پس واکنش هیدروژن‌دارکردن اتیلن یک واکنش گرماده است و با افزایش دما در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و غلظت تعادلی اتان کاهش می‌یابد.

تکنیک بدون محاسبه هم می‌توانستیم به گرماده‌بودن واکنش پی ببریم! اتن به دلیل داشتن ساختار سیرنشده، واکنش‌پذیری و سطح انرژی بیشتری از اتان دارد، پس در اثر هیدروژن‌دارکردن اتن، گاز پایدارتر اتان تولید می‌شود.



مورد دوم: با انتقال مخلوط گازها از ظرف یک‌لیتری به ظرف نیم‌لیتری (کاهش حجم یا افزایش فشار)، تعادل در جهت شمار مول‌های گازی کم‌تر (جهت رفت) جابه‌جا می‌شود و غلظت تعادلی اتان افزایش می‌یابد.

مورد سوم: در اثر افزودن گاز $H_۲$ به مخلوط تعادل، واکنش در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و غلظت تعادلی اتان افزایش می‌یابد.

مورد چهارم: در اثر افزایش فشار (همان کاهش حجم)، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و غلظت تعادلی اتان افزایش می‌یابد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۷۹ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** ابتدا واکنش کلی موازنه‌شدهٔ آلکن با آب و تهیهٔ الکل را می‌نویسیم.

$$C_nH_{۲n}+H_۲O \xrightarrow{H_۲SO_۴} C_nH_{۲n+۲}O$$

گام دوم: از روی درصد جرمی کربن در الکل تولیدشده، شمار اتم‌های کربن در هر مولکول الکل یا آلکن اولیه (n) را به دست می‌آوریم.

$$\text{درصدجرمی C} = \frac{\text{جرم C}}{\text{جرم کل } C_nH_{۲n+۲}O}\times۱۰۰ \Rightarrow ۶۰=\frac{۱۲\times n}{(۱۲\times n)+(۱\times(۲n+۲))+(۱\times۱۶)}\times۱۰۰$$

$$\Rightarrow \frac{۲\cancel{۱۲}n}{۱۴n+۱۸}=\frac{\cancel{۶}^{۱}}{۱۰} \rightarrow ۲۰n=۱۴n+۱۸ \Rightarrow ۶n=۱۸ \Rightarrow n=۳ \Rightarrow \text{فرمول آلکن اولیه}=C_۳H_۶$$

گام سوم: واکنش آلکن با گاز هیدروژن کلرید را می‌نویسیم.

$$C_۳H_۶+HCl \rightarrow C_۳H_۷Cl$$

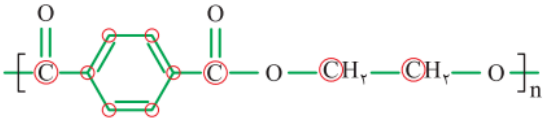
(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۸۰ **پاسخ تشریحی** بررسی گزینه‌ها:

۱) از ویژگی‌های پلاستیک‌ها می‌توان به چگالی کم، نفوذناپذیری نسبت به هوا و آب، ارزان‌بودن و مقاومت در برابر خوردگی اشاره کرد.

۲) در ساختار واحد تکرارشوندهٔ پلی‌اتیلن ترفتالات (پلیمر سازندهٔ بطری آب)، ۱۰ اتم کربن و ۵ پیوند دوگانه وجود دارد.



(PET)

۳) در ترکیبات آلی نیتروژن‌دار و اکسیژن‌دار ممکن است اتم‌های هیدروژن به اتم‌های نیتروژن یا اکسیژن متصل بشوند. اما در هیدروکربن‌ها همواره شمار اتم‌های هیدروژن با شمار پیوندهای $C-H$ برابر است.

۴) موادی مانند بنزن (C_6H_6)، اتن (C_2H_4) و پارازایلن (C_8H_{10})، به طور مستقیم از تقطیر نفت خام به دست می‌آیند، اما اتیلن‌گلیکول $(C_2H_6O_2)$ و ترفتالیک اسید $(C_8H_6O_4)$ در نفت خام وجود ندارند.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۸۱ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** ابتدا معادلهٔ واکنش سوختن کامل ترفتالیک اسید و اتیلن‌گلیکول را به ازای یک مول مادهٔ سوختنی می‌نویسیم:

سوختن ترفتالیک اسید: $C_8H_6O_4 + 7/5O_2 \rightarrow 8CO_2 + 3H_2O$

سوختن اتیلن‌گلیکول: $C_2H_6O_2 + 2/5O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$

گام دوم: عدد اکسایش کربن را در دو طرف معادلهٔ سوختن هر دو ماده محاسبه می‌کنیم.

$\underline{C}O_2 : x + 2(-2) = 0 \Rightarrow x = +4$

مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در ترفتالیک اسید $\Rightarrow$ $\underline{C}_8H_6O_4 : 8x + 6(+1) + 4(-2) = 0 \Rightarrow 8x = +2$

$$\underline{C}_8H_6O_4 \rightarrow 8\underline{C}O_2$$

$$1\times(+2) = \underline{+2} \qquad 8\times(+4) = \underline{+32}$$

۳۰ واحد

مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در اتیلن‌گلیکول $\Rightarrow$ $\underline{C}_2H_6O_2 : 2x + 6(+1) + 2(-2) = 0 \Rightarrow 2x = -2$

$$\underline{C}_2H_6O_2 \rightarrow 2\underline{C}O_2$$

$$1\times(-2) = \underline{-2} \qquad 2\times(+4) = \underline{+8}$$

۱۰ واحد

$$\frac{\text{تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن در ترفتالیک اسید}}{\text{تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن در اتیلن‌گلیکول}} = \frac{30}{10} = 3$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۸۲ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** واکنش تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید را می‌توان به طور خلاصه‌شدهٔ زیر در نظر گرفت:

۱) $C_8H_{10} + \text{محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات} \rightarrow C_8H_6O_4$

پارازایلن — ترفتالیک اسید

و واکنش تهیهٔ پلی‌اتیلن ترفتالات از ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول به صورت زیر است:

۲) $nC_8H_6O_4 + nC_2H_6O_2 \rightarrow +C_{10}H_8O_4+_n + 2nH_2O$

ترفتالیک اسید — اتیلن گلیکول — پلی‌اتیلن ترفتالات

چون در صورت سؤال گفته شده که ترفتالیک اسید تولیدشده در واکنش (۱) در واکنش (۲) مصرف می‌شود، ضرایب مواد در واکنش (۱) را در n ضرب می‌کنیم تا ضریب ترفتالیک اسید در هر دو واکنش برابر شود.

۱′) $nC_8H_{10} + \text{محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات} \rightarrow nC_8H_6O_4$

حال می‌توان هم‌ارزی مقابل را بین پارازایلن از واکنش (۱′) با اتیلن‌گلیکول از واکنش (۲) برقرار کنیم: $nC_8H_{10} \sim nC_2H_6O_2$

گام دوم: جرم اتیلن گلیکول را از روی جرم پارازایلن حساب می‌کنیم.

روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$?\,g\,C_2H_6O_2 = 4/24\times10^3\,g\,C_8H_{10}\times\frac{\overbrace{80}^{\text{بازده}}}{100}\times\frac{1\,mol\,C_8H_{10}}{106\,g\,C_8H_{10}}\times\frac{n\,mol\,C_2H_6O_2}{n\,mol\,C_8H_{10}}\times\frac{62\,g\,C_2H_6O_2}{1\,mol\,C_2H_6O_2} = 1984\,g\,C_2H_6O_2$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\overbrace{\frac{\text{جرم}\times\frac{\text{بازده درصدی}}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}}^{C_8H_{10}}}{} = \frac{\overbrace{\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}}^{C_2H_6O_2}}{} \Rightarrow \frac{4240\times80}{n\times106\times100} = \frac{x}{n\times62} \Rightarrow x = 1984\,g\,C_2H_6O_2$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۸۳ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های «الف»، «پ» و «ت» درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

الف) گاز D همان O_2 است که دومین گاز فراوان هواکره می‌باشد (فراوان‌ترین گاز هواکره، N_2 است).

ب) مادهٔ X همان کربن مونوکسید (CO) است که در ساختار لوویس آن، ۳ جفت الکترون پیوندی و دو جفت الکترون ناپیوندی (یا ۴ الکترون ناپیوندی) وجود دارد.

$$:C\equiv O: \Rightarrow \frac{\text{جفت الکترون‌های پیوندی}}{\text{الکترون‌های ناپیوندی}} = \frac{3}{4}$$

پ) مادهٔ A همان متان (CH_4) است که سازندهٔ اصلی گاز طبیعی بوده و در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود.

ت) مادهٔ B همان H_2O است که در واکنش تهیهٔ PET نیز تولید می‌شود.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۸۴ **پاسخ تشریحی** به‌جز عبارت اول، بقیهٔ عبارت‌ها درست‌اند.

ابتدا کامل‌شدهٔ واکنش‌ها را ببینیم:

$$I)\ C_2H_4 + KMnO_4 \rightarrow \underset{\text{اتیلن‌گلیکول}}{C_2H_6O_2} + \text{فراورده‌های دیگر}$$

$$II)\ C_2H_4 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{اتانول}}{C_2H_6O}$$

$$III)\ C_2H_4 + HCl \rightarrow \underset{\text{کلرو اتان}}{C_2H_5Cl}$$

$$IV)\ C_2H_6O + C_2H_4O_2 \rightarrow \underset{\text{اتیل‌استات}}{C_4H_8O_2} + H_2O$$

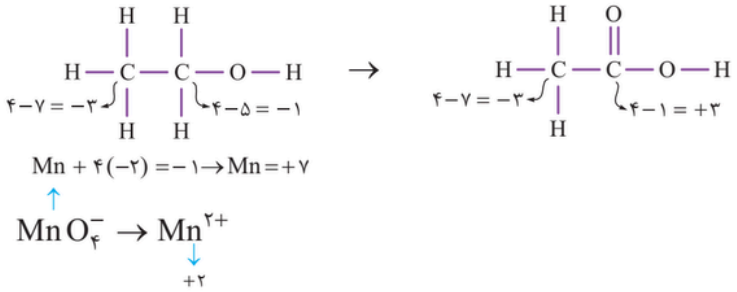
بررسی عبارت‌ها:

- کاتالیزگر واکنش اتن با آب و هم‌چنین واکنش تولید استر از (الکل و اسید) سولفوریک اسید (H_2SO_4) است، اما دقت کنید که کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند، ولی در پایان واکنش باقی می‌مانند.
- فراوردهٔ واکنش اتن و گاز هیدروژن کلرید، کلرو اتان (C_2H_5Cl) است. همهٔ پیوندها در این ترکیب، یگانه بوده و به همین دلیل، سیرشده محسوب می‌شود. در ضمن، کلرو اتان، به عنوان افشانهٔ بی‌حس‌کنندهٔ موضعی کاربرد دارد.
- در واکنش‌های (I)، (II) و (III)، حداقل عدد اکسایش یک عنصر تغییر می‌کند، ولی در واکنش (IV)، عدد اکسایش هیچ عنصری تغییر نمی‌کند.
- D، همان اتیل استات (حلال چسب) با فرمول $C_4H_8O_2$ است. فرمول عمومی کربوکسیلیک اسیدها با زنجیر هیدروکربنی سیرشده به صورت $C_nH_{2n}O_2$ است؛ بنابراین فرمول چهارمین عضو خانوادهٔ کربوکسیلیک اسیدها نیز به صورت $C_4H_8O_2$ می‌باشد.
- A همان الکل دوعاملی اتیلن گلیکول است که می‌تواند به عنوان مونومر واکنش تولید پلی‌استر به کار رود.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۸۵ **پاسخ تشریحی** فقط عبارت سوم درست است. ابتدا باید معادلهٔ واکنش را موازنه کنیم. در این واکنش، عدد اکسایش کربن و منگنز تغییر می‌کند.



$$Mn + 4(-2) = -1 \rightarrow Mn = +7$$

$$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$$

$$+2$$

با انجام واکنش، عدد اکسایش یکی از اتم‌های کربن، ۴ واحد افزایش یافته و عدد اکسایش اتم منگنز، ۵ واحد کاهش یافته است؛ پس در مرحلهٔ اول، باید ضریب MnO_4^- را برابر ۴ و ضریب C_2H_5OH را برابر ۵ قرار دهیم.

$$\underline{5}\,CH_5OH + \underline{4}\,MnO_4^- + \underline{\ }\,H^+ \rightarrow \underline{\ }\,CH_3COOH + \underline{\ }\,Mn^{2+} + \underline{\ }\,H_2O$$

به منظور موازنهٔ اتم‌های C، Mn، O و H ضرایب CH_3COOH، Mn^{2+}، H_2O و H^+ به ترتیب باید برابر ۵، ۴، ۱۱ و ۱۲ باشد:

$$5C_2H_5OH + 4MnO_4^- + 12H^+ \rightarrow 5CH_3COOH + 4Mn^{2+} + 11H_2O$$

بررسی عبارت‌ها:

- ترکیب آلی موجود در واکنش‌دهنده‌ها، الکل اتانول (C_2H_5OH) است که به صورت مولکولی در آب حل می‌شود و یون OH^- ایجاد نمی‌کند؛ بنابراین خاصیت بازی ندارد.
- در اکسایش پارازایلن به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش اتم منگنز از ۷+ به ۴+ می‌رسد، درحالی‌که در این واکنش، عدد اکسایش منگنز از ۷+ به ۲+ می‌رسد.
- مجموع ضرایب مواد در واکنش برابر با $5 + 4 + 12 + 5 + 4 + 11 = 41$ است.
- ترکیب آلی موجود در فراورده‌ها، استیک اسید (CH_3COOH) است که قدرت اسیدی کم‌تری نسبت به فورمیک اسید $(HCOOH)$ دارد.

نکته با افزایش شمار اتم‌های کربن، ثابت یونش و قدرت اسیدی کربوکسیلیک اسیدها کاهش می‌یابد.

$$K_a: HCOOH > CH_3COOH$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۸۶ **پاسخ تشریحی** معادلهٔ واکنش تولید آمونیاک به روش هابر به صورت زیر است:

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

- با افزایش فشار، تعادل به سمت تعداد مول‌های گازی کم‌تر یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.
- واکنش تولید آمونیاک، گرماده است؛ بنابراین با کاهش دما در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.
- با خروج مقداری آمونیاک از ظرف واکنش، تعادل به منظور جبران مقدار آمونیاک، در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۸۷

نکته بازده درصدی در واکنش‌های تعادلی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی واکنش‌دهنده}}{\text{تعداد مول اولیه واکنش‌دهنده}} \times ۱۰۰$$

پاسخ تشریحی معادلهٔ واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$CO(g) + ۲H_۲(g) \rightleftharpoons CH_۳OH(g)$$

مول اولیه: ۱ ۲ ۰

مول تعادلی: $۱-x$ $۲-۲x$ x

$$\text{بازده واکنش: } ٪۴۰ \Rightarrow \frac{x}{۱} \times ۱۰۰ = ۴۰ \Rightarrow x = ۰/۴$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \text{مول تعادلی } CO = ۱ - x = ۰/۶ \\ \text{مول تعادلی } H_۲ = ۲ - ۲x = ۱/۲ \\ \text{مول تعادلی } CH_۳OH = x = ۰/۴ \end{cases}$$

$$\text{جرم } CH_۳OH = ۰/۴ \text{mol} \times \frac{۳۲ \text{g}}{۱ \text{mol}} = ۱۲/۸ \text{g}$$

$$K = \frac{[CH_۳OH]}{[CO][H_۲]^۲} = \frac{\frac{۰/۴}{۲}}{\frac{۰/۶}{۲} \times (\frac{۱/۲}{۲})^۲} = \frac{۱}{\frac{۰/۲}{۰/۳ \times ۰/۶ \times ۰/۶}} = \frac{۱۰۰}{۵۴} \simeq ۱/۸۵$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۸۸

پاسخ تشریحی همهٔ عبارت‌ها درست‌اند.

بررسی تمام موارد:

مورد اول: گونه‌های a ، b و c به ترتیب NO ، $NO_۲$ و $O_۳$ هستند. گونه‌های NO و $NO_۲$ ترکیب‌های فعال و ناپایداری هستند که به دلیل رادیکال بودنشان، در بدن موجب واکنش‌های ناخواسته می‌شوند.

مورد دوم: گونه‌های a و b رادیکال‌اند، اما گونهٔ c ، گاز $O_۳$ است که رادیکال نیست؛ بنابراین پایداری بیشتری نسبت به دو مادهٔ دیگر دارد.

مورد سوم: مطابق واکنش $NO + NO_۲ + ۲NH_۳ \rightarrow ۲N_۲ + ۳H_۲O$ که در خودروهای دیزلی رخ می‌دهد، از گاز آمونیاک برای کاهش NO و $NO_۲$ خروجی اگزوز خودروها استفاده می‌شود.

مورد چهارم: منظور از گاز قهوه‌ای‌رنگ، همان $NO_۲$ است.

با توجه به نمودار داده‌شده، غلظت $NO_۲$ در ساعت ۸ صبح حدود ۰/۱۳ ppm است.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۸۹ **پاسخ تشریحی** موارد «ب» و «پ» درست‌اند.

بررسی موارد:

الف) با توجه به نکات مطرح‌شده در درس‌نامه، مقایسهٔ درصد تغییرات (کاهش) آلاینده‌های خروجی به صورت $NO > C_xH_y > CO$ است.

ب) واکنش‌های انجام‌شده در مبدل کاتالیستی، ۳ واکنش زیر هستند:

$$\left.\begin{array}{l} I)\ C_xH_y + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O \\ II)\ 2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2 \\ III)\ 2NO \rightarrow N_2 + O_2 \end{array}\right\} \Rightarrow \text{هر سه گرماده‌اند.}$$

پ) در روزهای سرد زمستان، مبدل‌های کاتالیستی کارایی پایین دارند.

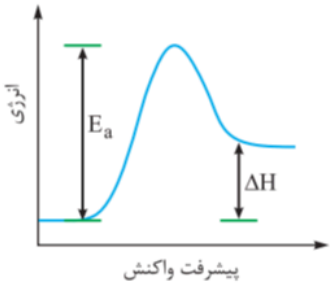
ت) مطابق مطالب کتاب درسی، قطر این توده‌ها ۲ تا ۱۰ نانومتر است، نه پیکومتر!

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۹۰ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های اول و سوم درست و عبارت‌های دوم و چهارم نادرست است.

بررسی عبارت‌ها:

- انرژی فعال‌سازی واکنش (تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و قلهٔ نمودار) از آنتالپی واکنش (تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده و فراورده‌ها) بزرگ‌تر است.



- واکنش گرماگیر است و در آن، آنتالپی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بالاتر است.
- با توجه به رابطهٔ محاسبهٔ ΔH واکنش به کمک آنتالپی‌های پیوند، در واکنش‌های گرماگیر، مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده از مواد فراورده بیشتر است.

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش دهنده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}]$$

- با کاهش فشار، تعادل به سمت تعداد مول‌های گازی بیشتر، یعنی در جهت برگشت و کاهش تعداد مول‌های اوزون جابه‌جا می‌شود.

$$3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g)$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۹۱ **پاسخ تشریحی** واکنش تبدیل گاز N_2O_4 به گاز NO_2 به صورت روبه‌رو است:

$$\underset{\text{بی‌رنگ}}{N_2O_4(g)} + Q \rightleftharpoons \underset{\text{قهوه‌ای‌رنگ}}{2NO_2(g)}$$

با کاهش دما، طبق اصل لوشاتلیه واکنش در جهت برگشت جابه‌جا شده، غلظت N_2O_4 افزایش و شدت رنگ قهوه‌ای درون ظرف کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) سرعت تولید گاز N_2O_4 همان سرعت واکنش برگشت است. از آن‌جا که غلظت NO_2 در شکل (۲) بیشتر از شکل (۱) است، سرعت واکنش برگشت در شکل (۲) بیشتر از شکل (۱) خواهد بود.

۲) با توجه به شکل‌های داده‌شده، غلظت N_2O_4 در ظرف‌های (۳) و (۴) تغییر نکرده است؛ پس در هر دو ظرف، تعادل برقرار است. ما در حالت تعادل، ۵ ذرهٔ NO_2 و ۹ ذرهٔ N_2O_4 در ظرف ۲لیتری داریم، از آن‌جا که هر ذره معادل ۰/۸ مول است، خواهیم داشت:

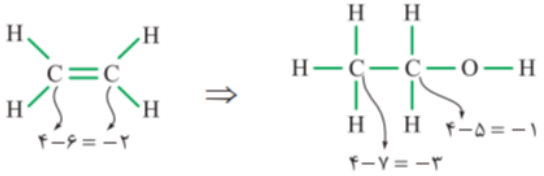
$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{\left(\frac{5\times 0/8}{2}\right)^2}{\frac{9\times 0/8}{2}} = \frac{(2)^2}{3/6} = 1/1\,mol.L^{-1}$$

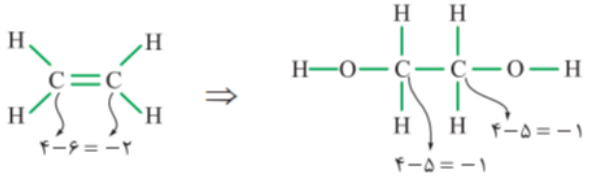
۳) با توجه به شکل‌های داده‌شده، در ابتدای واکنش، ۱۱ ذره شامل $11\times 0/8 = 8/8$ مول N_2O_4 داشته‌ایم که بعد از تعادل به ۹ ذره، شامل $9\times 0/8 = 7/2$ مول رسیده است، یعنی در طول واکنش $8/8 - 7/2 = 1/6$ مول از واکنش‌دهنده مصرف شده است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{درصد پیشرفت واکنش} = \frac{\text{تعداد مول‌های مصرف‌شدهٔ واکنش‌دهنده}}{\text{تعداد مول‌های اولیهٔ واکنش‌دهنده}} \times 100 = \frac{1/6}{8/8} \times 100 \simeq \%18$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۲۹۲ **پاسخ تشریحی** از واکنش اتن با آب، اتانول به دست می‌آید؛ پس A همان گاز اتن (C_2H_4) است. از طرفی، گاز اتن در حضور اکسنده، به اتیلن گلیکول تبدیل می‌شود؛ پس B می‌تواند اکسنده‌ای مانند پتاسیم پرمنگنات باشد.

۱) 

۲) 

همان‌طور که می‌بینید در واکنش (۱) برخلاف واکنش (۲)، عدد اکسایش برخی از اتم‌های کربن کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) مجموع شمار اتم‌ها در C_2H_4، مانند شمار پیوندهای اشتراکی آن برابر ۶ است.

۲) B همان پتاسیم پرمنگنات است که در تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید از محلول غلیظ آن به عنوان اکسنده استفاده می‌شود.

۴) همان‌طور که می‌دانید، کاتالیزگر واکنش اتن با آب، H_2SO_4 است؛ پس با افزایش غلظت اسید و در نتیجه کاهش pH، می‌توان سرعت واکنش را افزایش داد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۳ **پاسخ تشریحی** موارد «پ» و «ت» درست‌اند.

بررسی تمام موارد:

الف) ابتدا معادلهٔ واکنش را می‌نویسیم: تا رسیدن به تعادل، غلظت B و A، یک واحد و غلظت C، دو واحد تغییر کرده است؛ بنابراین ضرایب A و B برابر و نصف ضریب C است.

$$B \rightleftharpoons A + 2C$$

با افزایش فشار، واکنش در جهت تولید مول گازی کم‌تر پیش می‌رود، بنابراین واکنش در جهت برگشت انجام می‌شود.

ب) روی نمودار، غلظت تعادلی همهٔ مواد داده شده است. مجموع این غلظت‌های تعادلی، $4/5\,mol.L^{-1}$ می‌باشد؛ با توجه به حجم ظرف که ۲ لیتر است، مجموع مول تعادلی مواد برابر ۹ مول خواهد بود.

پ) واکنش داده‌شده در این سؤال، گرماگیر است؛ زیرا با کاهش دما در جهت برگشت جابه‌جا شده و درصد مولی C کاهش یافته است. واکنش تجزیهٔ گوگرد تری‌اکسید به گازهای گوگرد دی‌اکسید و اکسیژن نیز گرماگیر است.

$$2SO_3 \rightleftharpoons 2SO_2 + O_2$$

نکته در واکنش‌های تعادلی گرماگیر، با افزایش دما، ثابت تعادل افزایش می‌یابد و در واکنش‌های تعادلی گرماده، با افزایش دما، ثابت تعادل کاهش می‌یابد.

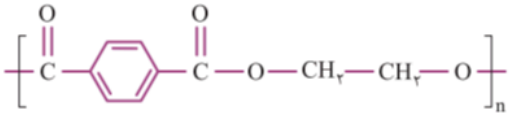
ت) با کاهش حجم (افزایش فشار)، غلظت مولی همهٔ مواد گازی افزایش می‌یابد.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۹۴ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های دوم و چهارم درست‌اند.

بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت اول: الکل و اسید سازندهٔ PET به ترتیب اتیلن گلیکول و ترفتالیک اسید هستند؛ پس ساختار PET به صورت زیر است:



عبارت سوم: امروز سالانه حدود ۴۰۰ میلیون تن از انواع پلاستیک‌ها (نه فقط PET) در جهان تولید می‌شود.

پلاستیک‌ها

۱) پلاستیک‌ها محصول خلاقیت و نوآوری بشر بوده و به طور کلی دارای ویژگی‌های زیر هستند:

الف) **سبک** هستند (چگالی کمی دارند).

ب) **هوا به هیچ وجه در آن‌ها نفوذ نمی‌کند.** (غیرقابل نفوذ به وسیلهٔ هوا)

پ) **ضد آب هستند.** (آب در آن‌ها نفوذ نمی‌کند.)

ت) **ارزان** هستند.

ث) در برابر خوردگی مقاوم هستند.

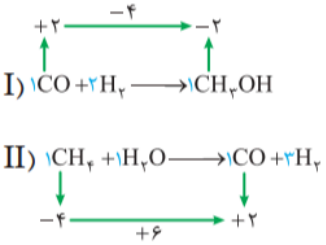
۲) به دلیل ویژگی‌های خاص و مهمی که پلاستیک‌ها دارند، این مواد کاربردهای وسیعی در زندگی پیدا کرده‌اند. امروزه سالانه **۴۰۰ میلیون تن** از آن‌ها در سرتاسر جهان تولید می‌شود.

۳) به طور معمول زیست تخریب ناپذیرند و برای مدت طولانی در طبیعت باقی می‌مانند.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۵ **پاسخ تشریحی** عدد اکسایش اتم‌های کربن را در دو معادله حساب می‌کنیم.



بنابراین میزان تغییر عدد اکسایش عنصر کربن در واکنش (I)، ۴ واحد و در واکنش (II)، ۶ واحد است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) مجموع ضرایب فراورده‌ها در واکنش (II)، برابر ۴ و ضریب گاز هیدروژن در واکنش (I)، برابر ۲ است.

۲)

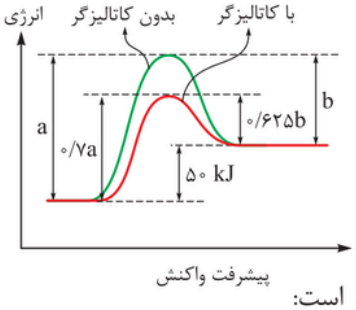
$$\text{(I) واکنش:}\ x\,mol\,e^- \times \frac{2\,mol\,H_2}{4\,mol\,e^-} = 0/5x\,mol\,H_2$$

$$\text{(II) واکنش:}\ x\,mol\,e^- \times \frac{3\,mol\,H_2}{6\,mol\,e^-} = 0/5x\,mol\,H_2$$

۴) مطابق نمودار روش‌های تولید متانول، یکی از روش‌های تولید آن، واکنش گاز متان و O_2 در حضور کاتالیزگر است.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۲۹۶ **پاسخ تشریحی** با توجه به اطلاعات داده‌شده، مقدار a در حضور کاتالیزگر به $0/7a$ و مقدار b به $0/625b$ می‌رسد.



بررسی گزینه‌ها:

۱) واکنش گرماگیر است و در واکنش‌های گرماگیر، مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده، بیشتر است:

$$\Delta H(\text{واکنش}) = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}]$$

$$\Delta H > 0 \Rightarrow \text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده} > \text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}$$

۲) می‌دانیم کاتالیزگر، ΔH واکنش را تغییر نمی‌دهد، بنابراین خواهیم داشت:

$$\begin{cases} a - b = 50 \\ 0/7a - 0/625b = 50 \end{cases} \Rightarrow a - b = 0/7a - 0/625b \Rightarrow 0/3a = \underbrace{0/375}_{\frac{3}{8}}b \Rightarrow b = 0/8a$$

$$a - b = 50 \Rightarrow a - 0/8a = 50 \Rightarrow 0/2a = 50 \Rightarrow a = 250$$

$$\frac{E_a}{\Delta H} = \frac{250}{50} = 5$$

۳) مقدار انرژی فعال‌سازی واکنش از a به $0/7a$ رسیده است:

$$\text{میزان کاهش } E_a = 0/3a = 0/3 \times 250 = 75\,kJ$$

۴) نسبت a' به b' برابر است با:

$$\frac{a'}{b'} = \frac{0/7a}{0/625b} = \frac{0/7a}{0/625 \times 0/8a} = \frac{7}{\frac{5}{8} \times 8} = \frac{7}{5} = 1/4$$

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۷ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های «الف»، «پ» و «ت» نادرست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

الف) ثابت تعادل فقط به دما بستگی دارد و با تغییر غلظت مواد، تغییری نمی‌کند.

ب) واکنش $۲NO(g) \rightarrow N_۲(g) + O_۲(g)$، گرماده و از نوع اکسایش ـ کاهش است.

پ) برای تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، می‌توان از اکسیژن هوا به عنوان واکنش‌دهنده و کاتالیزگرهای مناسب استفاده کرد.

ت) جرقه انرژی فعال‌سازی واکنش را تأمین می‌کند، کاهش نمی‌دهد!

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۲۹۸ **پاسخ تشریحی** **گام اول:** دما ثابت است؛ بنابراین مقدار ثابت تعادل واکنش با بازکردن شیر تغییری نمی‌کند.

$$N_۲O_۴(g) \rightleftharpoons ۲NO_۲(g)$$

$$K = \frac{[NO_۲]^۲}{[N_۲O_۴]} = \frac{۲^۲}{۱} = ۴\,mol.L^{-۱}$$

گام دوم: با بازشدن شیر، حجم از ۱ لیتر به $۱ + ۳/۵ = ۴/۵$ لیتر افزایش می‌یابد. با افزایش حجم و کاهش فشار، تعادل به سمت تعداد مول‌های گازی بیشتر یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

	$N_۲O_۴$	$\rightleftharpoons$	$۲NO_۲$
تعادل اولیه:	۱		۲
تعادل نهایی:	$۱-x$		$۲+۲x$

$$K = \frac{[NO_۲]^۲}{[N_۲O_۴]} = \frac{(\frac{۲+۲x}{۴/۵})^۲}{\frac{۱-x}{۴/۵}} = ۴$$

$$\Rightarrow \frac{(۲+۲x)^۲}{۴/۵(۱-x)} = ۴ \Rightarrow ۴ + ۸x + ۴x^۲ = ۱۸ - ۱۸x$$

$$\Rightarrow ۴x^۲ + ۲۶x - ۱۴ = ۰ \Rightarrow ۲x^۲ + ۱۳x - ۷ = ۰$$

$$\Delta = b^۲ - ۴ac = (۱۳)^۲ - ۴(۲)(-۷) = ۲۲۵$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{۲a} \Rightarrow x = \frac{-۱۳ + ۱۵}{۴} = ۰/۵$$

گام سوم: گاز قهوه‌ای‌رنگ، همان $NO_۲$ است که شمار مول‌های آن به اندازهٔ $۲x$ یعنی ۱ واحد تغییر کرده است.

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۲۹۹ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های «ب» و «پ» درست‌اند.

دومین گاز فراوان هوای خشک و پاک، اکسیژن (O_2) است.

بررسی عبارت‌ها:

الف) واکنش کلی سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن به صورت:

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow \underbrace{2H_2O(g)}_{\text{تولید آب}}$$

و نیم‌واکنش کاتدی فرایند خوردگی در محیط مرطوب و اسیدی به صورت زیر است:

نیم‌واکنش کاتدی خوردگی در محیط اسیدی: $4H^+ + O_2 + 4e^- \rightarrow \underbrace{2H_2O}_{\text{تولید آب}}$

نیم‌واکنش کاتدی خوردگی در محیط مرطوب: $2H_2O + 4e^- + O_2 \rightarrow 4OH^-$

ب) در مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی، طی واکنش‌های سوختن هیدروکربن (C_xH_y) و کربن مونوکسید (CO)، اکسیژن مصرف و طی واکنش تجزیهٔ نیتروژن مونوکسید (NO)، اکسیژن تولید می‌شود:

$$C_xH_y + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

$$CO + O_2 \rightarrow CO_2$$

$$NO \rightarrow N_2 + O_2$$

پ) اکسیژن با طلا و پلاتین واکنش نمی‌دهد، اما با نقره و مس واکنش می‌دهد.

ت) واکنش تجزیهٔ هیدروژن پراکسید (H_2O_2) به صورت:

$$H_2O_2 \xrightarrow{KI(aq)} H_2O + O_2$$

و واکنش مخلوط سدیم هیدروکسید و آلومینیم با آب به صورت:

$$NaOH + Al + H_2O \rightarrow H_2 + NaAl(OH)_4$$

است که در واکنش اول برخلاف واکنش دوم، اکسیژن تولید می‌شود.

ث) در شرایط یکسان، مقایسهٔ انحلال‌پذیری گازهای NO، N_2، O_2 و CO_2 به صورت زیر است:

انحلال‌پذیری: $CO_2 > NO > O_2 > N_2$

(CO_2: با آب واکنش می‌دهد؛ NO: مادهٔ قطبی؛ O_2: جرم مولی بیشتر از N_2)

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۰۰ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های اول و پنجم، نادرست و عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست‌اند.

نکته واکنش‌های حذف آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها به صورت زیر است:

(۱) هر سه واکنش گرماده هستند.

(۲) کاتالیزگر واکنش‌های روبه‌رو Pt ،Pd و Rh هستند.

(۳) O_2 به عنوان واکنش‌دهنده و فراورده در واکنش‌ها شرکت می‌کند.

(۴) انرژی فعال‌سازی واکنش (II) از واکنش (I) بیشتر و گرمای آزادشده در واکنش (I) از (II) بیشتر است.

(۵) میزان آلایندهٔ خروجی از اگزوز خودروها به صورت $NO < C_xH_y < CO$ است.

I) $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$

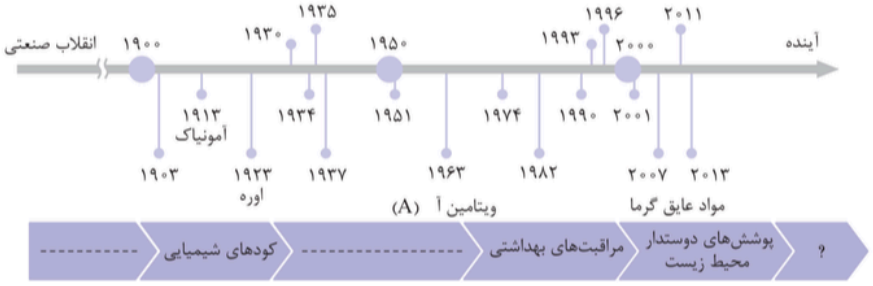
II) $2NO \rightarrow N_2 + O_2$

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

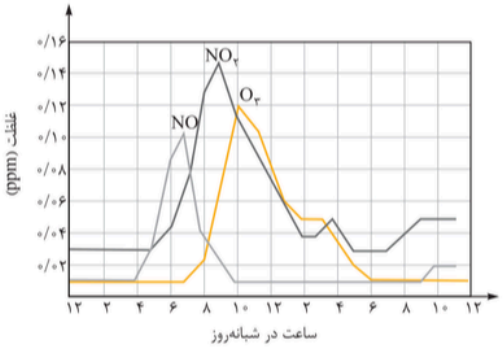
بررسی موارد:

عبارت اول: فناوری تصفیهٔ آب از گسترش بیماری‌هایی همچون وبا در جهان جلوگیری کرده است.

عبارت دوم: فراوردهٔ فرایند هابر، آمونیاک است که قبل از اوره و ویتامین A در گذر زمان تولید شده است.



عبارت سوم: در ساعاتی از شبانه‌روز طی واکنش $NO_2 + O_2 \rightarrow NO + O_3$، در هواکره اوزون تروپوسفری تولید می‌شود که طبق نمودار مقابل هم‌زمان غلظت گاز NO هم در هواکره کاهش می‌یابد.



عبارت چهارم: در مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی، طی واکنش اکسایش ـ کاهش آمونیاک مصرف می‌شود.

$$\underset{+2}{NO} + \underset{+4}{NO_2} + \underset{-3}{2NH_3} \rightarrow \underset{0}{2N_2} + 3H_2O$$

گونه‌های اکسنده — گونهٔ کاهنده

عبارت پنجم: کاتالیزگر با تغییر مسیر انجام واکنش و کاهش E_a ، به واکنش‌های شیمیایی سرعت می‌بخشد ولی **تأمین انرژی فعال‌سازی** توسط گرما، فشار و جرقه و ... انجام می‌شود، نه کاتالیزگر!!

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۰۱ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های (ب) و (ت) نادرست‌اند.

در این سؤال با بررسی عبارت‌های (پ) و (ت) که به صورت مفهومی هستند، می‌توان به پاسخ سؤال رسید و حتی نیاز به محاسبات خاصی هم در حل این سؤال نیست.

بررسی عبارت‌ها:

الف) با توجه به این‌که در ابتدای واکنش فقط مواد واکنش‌دهنده در ظرف وجود دارند، می‌توانیم از مول NO_2 یا Cl_2 تولیدی، به میزان گرمای آزادشده در واکنش تا لحظهٔ برقراری تعادل برسیم:

$$۰/۲\,mol Cl_2 \times \frac{۳۷\,kJ}{۱\,mol Cl_2} = ۷/۴\,kJ$$

ب) رابطهٔ ثابت تعادل در واکنش مورد نظر به صورت $K = \frac{[NO_2]^2[Cl_2]}{[NOCl]^2[O_2]}$ است؛ بنابراین:

$$K = \frac{[\frac{۰/۴}{۲}]^2[\frac{۰/۲}{۲}]}{[\frac{۰/۰۲}{۲}]^2[\frac{۰/۳۲}{۲}]} = \frac{(۰/۲)^2 \times ۰/۱}{(۰/۰۱)^2(۰/۱۶)} = ۲۵۰$$

پ) در واکنش‌های تعادلی با افزایش دما، تعادل در جهت مصرف گرما پیش می‌رود؛ بنابراین، چون واکنش گرماده است، با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و مقدار ثابت تعادل کاهش می‌یابد.

ت) تغییر فشار و حجم در تعادل‌های گازی، مقدار ثابت تعادل را تغییر نمی‌دهند و ثابت تعادل فقط به **دما** وابسته است.

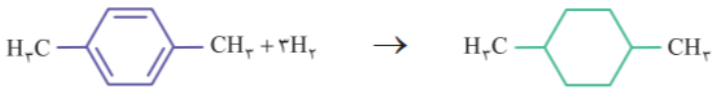
(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۰۲ **پاسخ تشریحی** عبارت‌های اول و دوم درست‌اند.

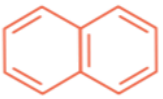
بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: جرم مولی اتیلن گلیکول ($C_2H_6O_2$) برابر ۶۲ گرم بر مول می‌باشد؛ بنابراین A همان اتن و C همان پارازایلن است. معادلهٔ واکنش کامل پارازایلن با گاز هیدروژن به صورت مقابل است:

$$C_8H_{10} + 3H_2 \rightarrow C_8H_{16}$$

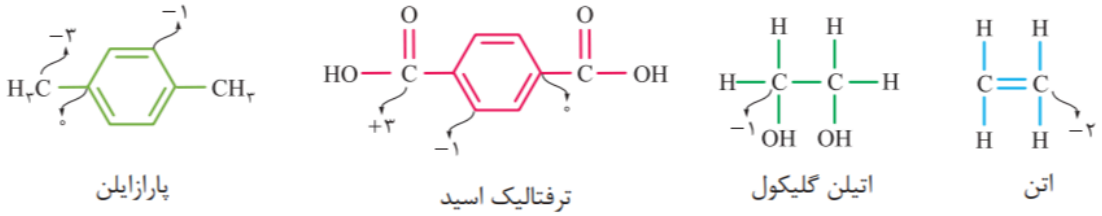


عبارت دوم: واکنش بین B و D از نوع استری‌شدن است که واکنش اکسایش ـ کاهش محسوب نمی‌شود و فرمول واحد تکرارشوندهٔ PET، $C_{10}H_8O_4$ است.

عبارت سوم: نفتالن با فرمول مولکولی $C_{10}H_8$ و فرمول ساختاری  ، دارای ۵ پیوند دوگانه است.

ترفتالیک اسید نیز دارای ۵ پیوند دوگانه در ساختار خود می‌باشد، اما در واکنش (II)، یون پرمنگنات به MnO_2 تبدیل می‌شود که در این فرایند عدد اکسایش منگنز از ۷+ به ۴+ (یعنی ۳ واحد) کاهش می‌یابد.

عبارت چهارم: در اتن، کربنی با عدد اکسایش (۱−) وجود ندارد. عدد اکسایش اتم‌های کربن در ۴ ترکیب داده‌شده را ببینید:



پارازایلن — ترفتالیک اسید — اتیلن گلیکول — اتن

(خیلی سبز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۰۳ عبارت‌های (ب) و (ث) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: واکنش تولید اوزون تروپوسفری از NO_2 گرماگیر است. معادله این واکنش به صورت زیر خواهد بود:

$$NO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow NO(g) + O_3(g)$$

افزایش غلظت اوزون در هوای آلوده شهرها، به معنای انجام این واکنش می‌باشد. این واکنش به طور عمده در طول بازه ساعت ۸ تا ۱۰ صبح اتفاق افتاده و در طول این بازه، دمای هوای شهرها در حال افزایش یافتن است.

ب: عامل رنگ قهوه‌ای هوای آلوده گاز نیتروژن دی‌اکسید با فرمول شیمیایی NO_2 است که عدد اکسایش اتم‌های اکسیژن و نیتروژن در آن به ترتیب برابر با ۲- و ۴+ می‌باشد. آزمون وی ای پی

پ: نمودار زیر روند زمانی برخی از فناوری‌های شیمیایی را نشان می‌دهد:



فرایند هابر و تولید آمونیاک، بر فناوری مربوط به تولید اوره تقدم زمانی داشته و زودتر ابداع شده است. این دو ماده از جمله کودهای شیمیایی بوده و موجب افزایش بهره‌وری در کشاورزی شده‌اند.

ت: مقایسه غلظت آلاینده‌های هوا در طول شب به صورت زیر است:

$$O_3 < NO < NO_2$$

ث: 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 فرایند طیف‌سنجی فروسرخ خواهد بود که روشی برای شناسایی گروه‌های عاملی است. در این روش، هر گروه عاملی تنها طول موجی مشخص را جذب می‌کند. دو ایزومر نیز ممکن است گروه عاملی مشابه(مانند متیل اتانوات و اتیل متانوات) داشته باشند و هر دو یک طول موج را جذب کنند. از طرفی ممکن است این دو ماده، دو گروه عاملی مختلف داشته باشند(مانند اتانول و دی‌متیل اتر) و دو طول موج متفاوت را جذب کنند. همچنین از طیف‌سنجی فروسرخ می‌توان برای شناسایی آلاینده‌هایی مانند کربن مونوکسید و اکسیدهای نیتروژن در هواکره و نیز شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای نیز استفاده کرد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

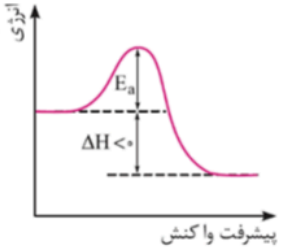
۳۰۴ معادله واکنش فتوسنتز و اکسایش گلوکز عکس یکدیگر هستند. معادله واکنش اکسایش گلوکز به صورت زیر است:

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$$

واکنش اکسایش گلوکز گرماده است و مقدار ΔH آن برابر آنتالپی سوختن گلوکز در دمای $25^\circ C$ است. پس ابتدا آنتالپی واکنش را حساب می‌کنیم:

$$\text{ارزش سوختی} = \frac{|\Delta H_{\text{سوختن}}|}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 15/6 = \frac{|\Delta H_{\text{سوختن}}|}{180} \Rightarrow |\Delta H_{\text{سوختن}}| = 2808\ kJ \xrightarrow{\Delta H_{\text{سوختن}} < 0} \Delta H_{\text{سوختن}} = -2808\ kJ$$

پس در این واکنش، فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها به اندازه ۲۸۰۸ کیلوژول اختلاف انرژی و واکنش‌دهنده‌ها و بیشترین سطح انرژی مواد در نمودار انرژی-پیشرفت نیز ۴۲/۸ کیلوژول تفاوت انرژی دارند. پس در نمودار زیر تفاوت سطح انرژی فراورده و بیشترین سطح انرژی مواد برابر ۲۸۵۰/۸ کیلوژول است:



معادله واکنش فتوسنتز نیز به صورت زیر است.

$$6CO_2(g) + 6H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g)$$

واکنش‌دهنده این واکنش، فراورده واکنش قبلی است. پس انرژی فعال‌سازی این واکنش برابر تفاوت انرژی فراورده‌های واکنش اکسایش گلوکز با بیشترین سطح انرژی مواد بوده که برابر ۲۸۵۰/۸ کیلوژول است. توجه داریم که واکنش فتوسنتز، گرماگیر بوده و مقدار انرژی فعال‌سازی آن، قطعا باید بیشتر از مقدار تغییر آنتالپی این واکنش باشد. به طور کلی می‌توان رابطه زیر را میان انرژی فعال‌سازی دو واکنش قرینه در نظر گرفت:

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

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۰۵ معادله واکنش تعادلی به صورت زیر است:

$$Q + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g)$$

اکسیژن پایدارتر از اوزون است. پس واکنش رفت در تعادل بالا گرماگیر و واکنش برگشت گرماده می‌باشد. با اضافه کردن اکسیژن به این تعادل، غلظت گاز اکسیژن در ظرف مورد نظر افزایش یافته و بر اساس اصل لوشاتلیه، تعادل برای جبران این تغییر به سمت واکنش مصرف آن یعنی واکنش رفت که گرماگیر است، پیش خواهد رفت.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) واحد(یکا) ثابت تعادل در واکنش‌های تعادلی از رابطه زیر مشخص می‌شود:

$$\Delta n = \text{مجموع ضریب فراورده‌های محلول و گازی} - \text{مجموع ضریب واکنش‌دهنده‌های محلول و گازی} \qquad (\frac{mol}{L})^{\Delta n}$$

در این واکنش، یکای ثابت تعادل معادل با لیتر بر مول($\frac{L}{mol}$) خواهد بود. مقدار ثابت تعادل این واکنش، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{[O_2]^2}{[O_3]^3} \Rightarrow K = \frac{4^2}{2^3} = \frac{16}{8} = 2\ L.mol^{-1}$$

۲) تنها عامل موثر بر ثابت تعادل واکنش‌های شیمیایی، دمای سامانه واکنش است و هیچ تغییر دیگری نمی‌تواند مقدار ثابت تعادل را تغییر دهد. به عنوان مثال، با افزایش غلظت اوزون در این تعادل، کاهش غلظت اوزون در ادامه و افزایش غلظت اکسیژن به گونه‌ای خواهد بود که در تعادل جدید نیز ثابت تعادل برابر ۲ لیتر بر مول شود.

۳) از تغییر فشار و حجم، تنها در واکنش‌هایی می‌توان برای بر هم‌زدن تعادل استفاده کرد که مجموع ضریب گازها در دو سوی معادله واکنش برابر نباشد. در این حالت، با افزایش فشار و یا کاهش حجم ظرف، واکنش در جهت تولید شمار گازهای کمتر پیش می‌رود. در این واکنش ضریب گازها در فراورده ۲ و در واکنش‌دهنده نیز برابر با ۳ است. بر این اساس، می‌توان گفت افزایش فشار، این تعادل را به سمت تولید فراورده یعنی گاز اوزون جابه‌جا می‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۰۶ فرایند انجام‌شده به صورت زیر است:

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

در رابطه با این فرایند، عبارت‌های (آ) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: با افزایش فشار در واکنش‌هایی با واکنش‌دهنده گازی، سرعت انجام واکنش افزایش می‌یابد. همچنین در تعادل‌هایی که مجموع ضرایب مواد گازی در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از سمت فراورده‌ها است، با افزایش فشار تعادل به سمت تولید فراورده(مقدار گاز کمتر) پیش خواهد رفت. پس در این تعادل با افزایش فشار، تعادل به سمت تولید گاز آمونیاک پیش خواهد رفت. در واقع با این اتفاق، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت به طور همزمان افزایش می‌یابد اما سرعت واکنش رفت بیشتر از سرعت واکنش برگشت افزایش خواهد یافت.

ب: در این فرایند در واکنش رفت عدد اکسایش نیتروژن از صفر به ۳- رسیده و این ماده، نقش اکسنده را ایفا می‌کند. همچنین عدد اکسایش هیدروژن از صفر به ۱+ رسیده و کاهنده این واکنش است. در واکنش برگشت نیز هم اکسنده(اتم‌های هیدروژن) و هم کاهنده(اتم‌های نیتروژن) گاز آمونیاک است. این تعادل در جهت رفت گرماده بوده و با افزایش دما، تعادل به سمت انجام واکنش برگشت، جابه‌جا می‌شود. پس با افزایش دما واکنش برگشت که معادله آن به صورت زیر است، رخ خواهد داد:

$$Q + 2NH_3(g) \longrightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$$

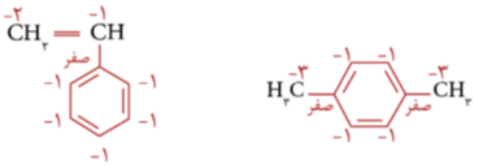
اتم‌های هیدروژن موجود در یک مول آمونیاک با گرفتن ۳ مول الکترون از اتم نیتروژن موجود در یک مول آمونیاک، خود کاهش یافته و اتم نیتروژن را اکسایش می‌دهند.

پ: با توجه به تشکیل پیوند هیدروژنی در میان مولکول‌های آمونیاک، نیروی بین‌مولکولی در آن قوی‌تر از نیروی بین‌مولکولی گازهای هیدروژن و نیتروژن است و این ماده، نقطه جوش بالاتری دارد. پس اگر مخلوط گازی تعادلی را سرد کنیم، ابتدا آمونیاک به صورت مایع از مخلوط گازی خارج می‌شود. در واقع از همین روش برای جداسازی آمونیاک تولیدشده در تعادل استفاده می‌شود. همچنین با توجه به جرم بیشتر مولکول‌های گاز نیتروژن نسبت به گاز هیدروژن، نقطه جوش گاز نیتروژن بیشتر بوده و پس از آمونیاک، این ماده در اثر سردکردن میعان می‌شود.

ت: اضافه کردن کاتالیزگر به تعادل موجب جابه‌جایی در تعادل نشده و بر روی ثابت تعادل تاثیری ندارد. در واقع با اضافه شدن کاتالیزگر تنها سرعت انجام هر دو واکنش رفت و برگشت به یک میزان افزایش می‌یابد. اگر پیش از رسیدن به تعادل از کاتالیزگر استفاده شود، این ماده تنها زمان رسیدن به تعادل را کاهش می‌دهد و تاثیری بر غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در تعادل ندارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۰۷ پارازایلن و استیرن، از اتصال اتم‌های کربن و هیدروژن به یکدیگر تشکیل شده‌اند، پس این دو ماده در دسته ترکیب‌های هیدروکربنی قرار می‌گیرند. پارازایلن، هیدروکربنی از نفت خام با فرمول شیمیایی C_8H_{10} است که از آن در مراحل تولید پلی‌اتیلن‌ترفتالات استفاده می‌شود. عدد اکسایش اتم‌های کربن در استیرن و پارازایلن به صورت زیر است:



پس در این دو ماده در مجموع ۱۰ اتم کربن، عدد اکسایش ۱- دارند. توجه داریم که عدد اکسایش اتم کربن در یک هیدروکربن یا بخش هیدروکربنی یک ماده آلی، برابر منفی تعداد اتم‌های هیدروژن متصل به همان اتم کربن است. حال درصد جرمی اتم کربن را در دو ماده حساب می‌کنیم:

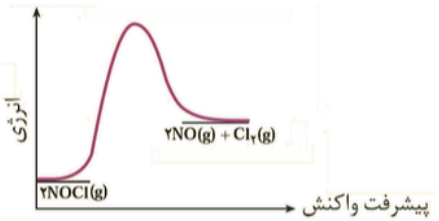
$$\text{درصد جرمی } C = \frac{\text{جرم اتم‌های } C}{\text{جرم مولکول}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \begin{cases} \text{استیرن}: A = \frac{۸ \times ۱۲}{۸ \times ۱۲ + ۸} \times ۱۰۰ = \frac{۱۲}{۱۳} \times ۱۰۰ \simeq ۹۲/۳٪ \\ \text{پارازایلن}: A = \frac{۸ \times ۱۲}{۸ \times ۱۲ + ۱۰} \times ۱۰۰ = \frac{۹۶}{۱۰۶} \times ۱۰۰ \simeq ۹۰/۶٪ \end{cases}$$

تفاوت درصد جرمی کربن در این دو ماده به تقریب برابر ۱/۷ درصد است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۰۸ نمودار پیشرفت-انرژی این واکنش به صورت زیر است:



این واکنش گرماگیر است. با توجه به معادله این واکنش، عبارت‌های (ب)، (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: همان‌طور که در نمودار انرژی-پیشرفت این واکنش مشخص است، تفاوت انرژی واکنش‌دهنده‌ها از بیشترین سطح انرژی مواد(انرژی فعال‌سازی در جهت رفت) بیشتر از تفاوت سطح انرژی فراورده‌ها(واکنش‌دهنده‌های واکنش برگشت) و بیشترین سطح انرژی مواد(انرژی فعال‌سازی در جهت برگشت) می‌باشد. در این رابطه، داریم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = E_{a\,\text{رفت}} - E_{a\,\text{برگشت}} \xrightarrow{\Delta H_{\text{واکنش}} > 0} E_{a\,\text{رفت}} > E_{a\,\text{برگشت}}$$

ب: با افزایش دمای سامانه تعادلی، تعادل در جهت مصرف گرما(انجام واکنش گرماگیر) جابه‌جا می‌شود. در این حالت مقدار ثابت تعادل واکنش‌های گرماگیر افزایش و مقدار ثابت تعادل واکنش‌های گرماده کاهش می‌یابد.

پ: در واکنش‌های گرماگیر گازی، مجموع آنتالپی پیوندها در فراورده‌ها کمتر از واکنش‌دهنده‌ها بوده و در نتیجه پیوندهای موجود در واکنش‌دهنده‌ها قوی‌تر از پیوندهای کووالانسی موجود در فراورده‌ها است. در این رابطه، داریم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\text{مجموع آنتالپی پیوندهای کووالانسی در فراورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندهای کووالانسی در واکنش‌دهنده‌ها}]$$

$$\xrightarrow{\Delta H_{\text{واکنش}} > 0} [\text{مجموع آنتالپی پیوندهای کووالانسی در فراورده‌ها}] > [\text{مجموع آنتالپی پیوندهای کووالانسی در واکنش‌دهنده‌ها}]$$

ت: با کاهش دمای ظرف در مقیاس کلوین، دو اتفاق تاثیرگذار بر فشار گاز درون ظرف خواهد افتاد. اول اینکه با نصف شدن دما در حجم و شمار مولکول‌های گازی ثابت، مطابق قانون گازها، فشار گازهای موجود در ظرف نصف خواهد شد. دوم اینکه کاهش دما، تعادل را به سمت تولید گرما(انجام واکنش گرماده) جابه‌جا خواهد کرد. پس تعادل بالا در جهت برگشت پیش خواهد رفت و شمار مولکول‌های گازی درون ظرف را کاهش خواهد داد. این مورد نیز موجب کاهش فشار گاز درون ظرف خواهد شد. با توجه به دو مکانیسم بالا، نصف‌شدن دمای این تعادل علاوه بر تاثیر مستقیم دما بر فشار، به صورت غیرمستقیم و با کاهش شمار مولکول‌های گازی، موجب کاهش فشار خواهد شد و این کاهش بیش از تاثیر دما بر فشار خواهد بود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۰۹ شکل زیر ساختار مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی را نشان می‌دهد:



به این قطعه سه آلاینده NO، CO و هیدروکربن نسوخته وارد شده و از آن گازهای نیتروژن، کربن دی‌اکسید، اکسیژن و بخارآب با آلایندگی کمتر خارج می‌شوند. اگر این قطعه بر سر راه گاز خارج‌شده از موتور خودروها قرار نگیرد، آلاینده‌های بیشتری از اگزوز خودروها خارج می‌شود.

جدول زیر آلاینده‌های خارج‌شده از اگزوز خودروها در صورت مصرف سوخت مناسب(سوخت بدون گوگرد) در حضور و عدم حضور مبدل کاتالیستی را نشان می‌دهد:

آلاینده		CO	C_xH_y	NO
جرم آلاینده بر حسب گرم به ازای پیمودن یک کیلومتر	در غیاب مبدل کاتالیستی	۵/۹۹	۱/۶۷	۱/۰۴
	در حضور مبدل کاتالیستی	۰/۶۱	۰/۰۷	۰/۰۴
درصد آلاینده حذف شده توسط مبدل کاتالیستی		۸۹/۸	۹۵/۸	۹۶/۲

در هر دو حالت حضور و عدم حضور مبدل کاتالیستی، ترتیب جرم آلاینده‌های خارج‌شده به صورت زیر است:

$$CO > C_xH_y > NO$$

اگر چه جرم بیشتری از کربن مونوکسید در این قطعه حذف می‌شود، اما درصد بیشتری از گاز نیتروژن مونوکسید توسط مبدل کاتالیستی به گاز نیتروژن تبدیل می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۱۰ معادله واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$$

چون مجموع شمار مول‌های گازی در دو سمت معادله واکنش با هم برابر است، بجای غلظت تعادلی مواد، می‌توان مقدار مول تعادلی آن‌ها را قرار داد. ابتدا ثابت تعادل این واکنش را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{n_{CO} \times n_{H_2O}}{n_{CO_2} \times n_{H_2}} \times V^{2-2} = \frac{n_{CO} \times n_{H_2O}}{n_{CO_2} \times n_{H_2}} \Rightarrow K = \frac{۰/۱ \times ۰/۴}{۰/۲ \times ۰/۸} = \frac{۱}{۴} = ۰/۲۵$$

اگر به این تعادل x مول کربن دی‌اکسید اضافه کنیم، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و در این واکنش ۰/۲ مول گاز کربن مونواکسید تولید می‌شود، تا مقدار آن از ۰/۱ مول به ۰/۳ مول برسد. پس در این تغییر تعادل، غلظت مواد به صورت زیر تغییر خواهد کرد:

۱- گاز کربن منوکسید: مقدار آن در تعادل جدید برقرار شده برابر با ۰/۳ مول است.

۲- بخارآب: مقدار ۰/۲ مول از این ماده تولید شده و مقدار آن در تعادل جدید برقرار شده به ۰/۶ مول می‌رسد.

۳- گاز هیدروژن: مقدار ۰/۲ مول از آن مصرف شده و مقدار آن در تعادل جدید برقرار شده به ۰/۶ مول می‌رسد.

۴- گاز کربن دی‌اکسید: ابتدا x مول از این ماده به ظرف واکنش اضافه می‌شود و سپس ۰/۲ مول از آن مصرف خواهد شد. پس مقدار آن در تعادل جدید برقرار شده برابر با $x = x - ۰/۲ + ۰/۲$ مول خواهد شد.

طی این فرایند، دمای ظرف واکنش ثابت بوده و مقدار ثابت تعادل تغییر نمی‌کند. حال بر اساس مقدار ثابت تعادل، مقدار x را بدست می‌آوریم:

$$K = \frac{n_{CO} \times n_{H_2O}}{n_{CO_2} \times n_{H_2}} \Rightarrow ۰/۲۵ = \frac{۰/۳ \times ۰/۶}{x \times ۰/۶} \Rightarrow x = ۱/۲\ mol$$

پس برای رسیدن مقدار گاز CO در ظرف واکنش به ۰/۳ مول، باید ۱/۲ مول گاز کربن دی‌اکسید به ظرف واکنش وارد شود. در این حالت، مقدار ۰/۲ مول گاز کربن مونوکسید تولید شده و مقدار این ماده برابر با ۰/۳ مول می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۱۱ معادله تعادل مورد نظر به صورت زیر است:

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g), K = 24\ L.mol^{-1}$$

مقدار ۱۶ گرم گاز گوگرد دی‌اکسید(SO_2)، معادل $\frac{1}{4}$ مول از این ماده است. اگر در حالت تعادل، نصف این گاز به گاز گوگرد تری‌اکسید تبدیل شود، مقدار آن به $\frac{1}{8}$ مول می‌رسد و در این واکنش، $\frac{1}{8}$ مول گاز گوگرد تری‌اکسید نیز تولید می‌شود. همچنین در این حالت، مقدار $\frac{1}{16}$ مول گاز اکسیژن نیز مصرف خواهد شد. حال بر اساس مقدار ثابت تعادل واکنش، مقدار گاز اکسیژن موجود در تعادل را بدست می‌آوریم:

$$K = \frac{(n_{SO_3})^2}{(n_{SO_2})^2 \times n_{O_2}} \times V^{3-2} = \frac{(n_{SO_3})^2}{(n_{SO_2})^2 \times n_{O_2}} \times V \Rightarrow 24 = \frac{\left(\frac{1}{8}\right)^2}{\left(\frac{1}{8}\right)^2 \times n_{O_2}} \times 6 \Rightarrow n_{O_2} = \frac{1}{4}\ mol$$

هر واکنش تعادلی، در دمای مشخص، بر حسب مقدار پیشرفت خود دارای یک ثابت تعادل است که با نماد K نشان داده می‌شود. برای محاسبهٔ ثابت تعادل واکنش $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ می‌توانیم از رابطهٔ زیر هم استفاده کنیم:

$$K = \frac{n_C^c \times n_D^d}{n_A^a \times n_B^b} \times \left(\frac{1}{V}\right)^{\Delta n} \quad \text{و} \quad \Delta n = (c+d) - (a+b)$$

در رابطه فوق، مولفه n تعداد مول‌های تعادلی هر ماده را نشان می‌دهد. دقت کنید که در محاسبه Δn صرفاً ضرایب مواد گازی و در حالت محلول را در نظر بگیرید. اگر مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌های گازی یا محلول با مجموع ضرایب فراورده‌های گازی یا محلول برابر باشد، Δn برابر صفر شده و مقدار ثابت تعادل مستقل از حجم ظرف می‌شود:

$$K = \frac{n_C^c \times n_D^d}{n_A^a \times n_B^b}$$

پس در حالت تعادل، مقدار ۰/۲۵ مول اکسیژن درون ظرف وجود دارد و با توجه به مصرف $\frac{1}{16}$ مول از آن برای رسیدن به تعادل، مقدار اولیه آن برابر $\frac{5}{16}$ مول بوده و جرم اکسیژن اضافه‌شده به ظرف برابر ۱۰ گرم بوده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۱۲ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: کاتالیزگرها موادی هستند که با کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها، سرعت انجام آن‌ها را افزایش می‌دهند. کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند و مقدار آن‌ها در ابتدای واکنش کم می‌شود اما به مرور زمان، این مواد مجددا تولیدشده و مقدار آن‌ها افزایش می‌یابد تا مقدار ابتدایی و انتهایی آن‌ها در واکنش برابر شود. به همین خاطر می‌توان از کاتالیزگر بارها در انجام واکنش استفاده کرد. اگر مقدار یک ماده در ابتدا افزایش و سپس کاهش یابد، آن ماده یک حدواسط برای انجام واکنش است به گونه‌ای که در واکنش اول یک فرایند تولید و در واکنش بعدی مصرف می‌شود؛ مانند هیدرازین در فرایند هابر و گاز کربن مونواکسید در تولید متانول از متان.

ب: گرمای مبادله‌شده در یک واکنش را می‌توان معادل آنتالپی واکنش و گرمای مورد نیاز برای شروع آن را می‌توان معادل انرژی فعال‌سازی در نظر گرفت. در واکنش‌های گرماگیر، مقدار E_a از مقدار ΔH بیشتر است. اما در واکنش‌های گرماده، مقدار $|\Delta H|$ می‌تواند کوچک‌تر، برابر یا بزرگ‌تر از E_a باشد. علت این پدیده آن است که در واکنش‌های گرماگیر با توجه به مثبت بودن علامت هر ۳ پارامتر رابطه زیر، کم‌کردن یک عدد مثبت(تفاوت سطح انرژی فراورده‌ها و بیشترین سطح انرژی مواد) از عدد مثبت بزرگ‌تر(E_a) موجب کاهش مقدار حاصل(ΔH) می‌شود.

$$\Delta H = E_a - \text{تفاوت سطح انرژی فراورده‌ها و بیشترین سطح انرژی مواد}$$

پس اگر مقدار تغییر آنتالپی از مقدار انرژی فعال‌سازی بیشتر باشد، آن واکنش قطعاً گرماده است.

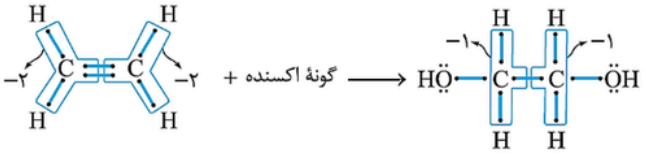
پ: در ساختار برخی از کاتالیزگرهای استفاده شده در واکنش‌های شیمیایی، هیچ اتمی از عناصر دسته d یافت نمی‌شود. برای مثال، کاتالیزگر واکنش اتن با آب، سولفوریک اسید است که در آن هیچ اتمی از عناصر فلزی دسته d یافت نمی‌شود.

ت: به هر اندازه که انرژی فعال‌سازی یک واکنش بزرگ‌تر باشد، آن واکنش در شرایط دشوارتر و در دماهای بالاتری انجام می‌شود و این یعنی برای تأمین شرایط مورد نیاز جهت آغازشدن آن واکنش، باید انرژی بیشتری را مصرف کنیم. بر این اساس، به هنگام استفاده از کاتالیزگرها، انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها کم‌تر شده و این واکنش‌ها در دمای کم‌تری انجام می‌شوند؛ پس برای تأمین شرایط مورد نیاز جهت آغازشدن این واکنش‌ها، انرژی کم‌تری مصرف می‌شود و این به معنای استفاده کم‌تر از سوخت‌ها است. استفاده کمتر از سوخت‌ها، کاهش میزان آلودگی هوا و کاهش میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مختلف را به دنبال دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

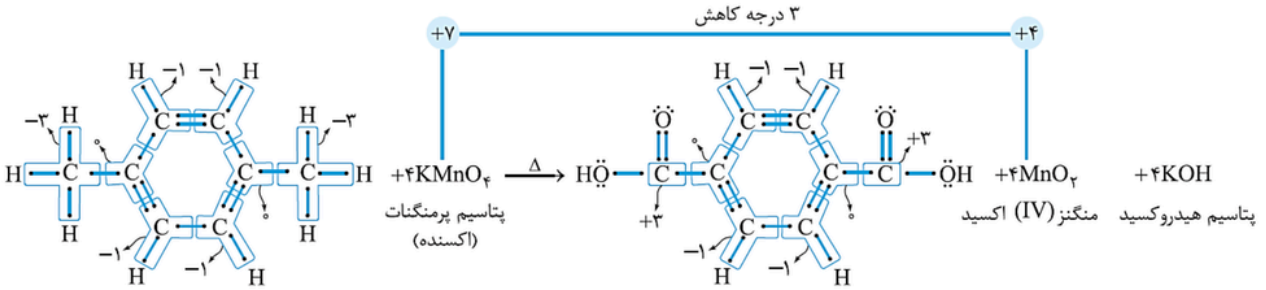
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۱۳ محلول پرمنگنات مناسب برای تولید ترفتالیک اسید از پارازایلن، غلیظ بوده و باید آن را گرم کرد، در حالی که در واکنش تولید اتیلن گلیکول از اتن، نیاز به محلول رقیق پتاسیم پرمنگنات خواهد بود. معادله این واکنش شیمیایی به صورت زیر است:



بررسی سایر گزینه‌ها:

۱ در واکنش تولید یک مول ترفتالیک اسید از پارازایلن، عدد اکسایش دو اتم کربن از ۳- به ۳+ می‌رسد. پس در این واکنش عدد اکسایش دو کربن در مجموع ۱۲ واحد افزایش می‌یابد. اکسنده این واکنش محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات($KMnO_4$) است که در آن عدد اکسایش منگنز از ۷+ به ۴+ در منگنز(IV) اکسید(MnO_2) می‌رسد؛ پس تغییر عدد اکسایش منگنز به ازای تولید یک مول MnO_2 برابر ۳ است. معادله این واکنش به صورت زیر است:



با تولید یک مول ترفتالیک اسید از پارازایلن، ۱۲ الکترون میان اکسنده و کاهنده مبادله می‌شود. پس در این واکنش ۴ مول منگنز(IV) اکسید از پتاسیم پرمنگنات تولید می‌شود تا ۱۲ مول الکترون را از پارازایلن دریافت کند.

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

۳ پلیمر به کاررفته در سرنگ، پلی‌پروپن است که از بسپارش پروپن ایجاد می‌شود. در واکنش تولید این پلیمرها(به اصطلاح پلیمرهای افزایشی) که از بسپارش مواد آلی سیرنشده(دارای پیوند دوگانه $C=C$) تولید می‌شوند، تمام اتم‌های موجود در مونومر وارد پلیمر می‌شوند. در نقطه مقابل، پلیمر به کاررفته در ساخت لباس آتش‌نشانی، کولار بوده که نوعی پلی‌آمید است. در واکنش تولید پلی‌آمیدها و پلی‌استرها(به اصطلاح پلیمرهای تراکمی) که فرایند تولید آن‌ها بر اساس برهم‌کنش شیمیایی میان گروه‌های عاملی است، برخی از اتم‌های هیدروژن و اکسیژن موجود در مونومرها به پلیمر منتقل نشده و به صورت آب به عنوان یک فراورده فرعی در می‌آیند. یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به‌صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شود. پس واکنش تولید پلی‌پروپن از واکنش تولید کولار از نظر اتمی به‌صرفه‌تر است.

(مار ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۱۴ دو واکنش انجام‌شده به صورت زیر هستند:

$$N_2O_5(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g) + O_2(g), K = 0/5\ mol.L^{-1} \qquad N_2O_4(g) \rightleftharpoons N_2O(g) + O_2(g), K = 2\ mol.L^{-1}$$

اگر در واکنش اول x مول N_2O_5 و اگر در واکنش دوم y مول N_2O_4 مصرف شود، مقدار تعادلی مواد به صورت زیر است:

	N_2O_5	N_2O_4	O_2	N_2O
مقدار مول اولیه	۲	۰	۰	۰
تغییر در واکنش اول	$-x$	$+x$	$+x$	-
تغییر در واکنش دوم	-	$-y$	$+y$	$+y$
مقدار مول نهایی	$2-x$	$x-y$	$x+y$	y

غلظت گاز اکسیژن در ظرف دو لیتری واکنش برابر یک مول بر لیتر بوده و مقدار اکسیژن در این ظرف برابر ۲ مول است. پس مقدار $x+y$ برابر ۲ مول می‌باشد. بر اساس ثابت تعادل واکنش دوم، داریم:

$$K = \frac{[N_2O] \times [O_2]}{[N_2O_4]} \Rightarrow 2 = \frac{\frac{n_{N_2O}}{V} \times 1}{\frac{n_{N_2O_4}}{V}} \Rightarrow 2 = \frac{n_{N_2O}}{n_{N_2O_4}} = \frac{y}{x-y} \Rightarrow 2x - 2y = y \Rightarrow 2x = 3y \Rightarrow x = 1/5y$$

پس داریم:

$$x + y = 2 \xrightarrow{x=1/5y} 2/5y = 2 \Rightarrow y = 0/8\ mol \quad , \quad x = 1/2\ mol$$

بنابراین مقدار N_2O_4 در زمان تعادل برابر با ۰/۴ مول و غلظت آن برابر با ۰/۲ مول بر لیتر است. در این حالت، مقدار گاز N_2O برابر با ۰/۸ مول و غلظت آن نیز برابر با ۰/۴ مول بر لیتر است. بنابراین تفاوت غلظت این دو ماده برابر با ۰/۲ مول بر لیتر خواهد بود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۱۵ بر اساس اصل لوشاتلیه، هر عاملی که موجب برهم زدن یک تعادل شود، تعادل به گونه‌ای جابه‌جا می‌شود تا اثر آن تغییر را کاهش دهد. به عنوان مثال اضافه‌کردن یک ماده به تعادل، تعادل را به سمت مصرف آن ماده جابه‌جا خواهد کرد. افزایش حجم ظرف، تعادل را به سمتی می‌برد که شمار مول‌های گازی بیشتری در ظرف وجود داشته باشد. پس اگر این اتفاق، تعادلی را به سمت واکنش برگشت پیش ببرد، یعنی در معادله واکنش مجموع ضریب مواد گازی در فراورده‌ها کمتر از واکنش‌دهنده‌ها است. کاهش دما نیز تعادل را به سمت مصرف گرما و انجام واکنش گرماده می‌برد. پس اگر این عامل، موجب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت شود، واکنش برگشت گرماده و واکنش رفت گرماگیر است. در واکنش‌های گرماگیر، گرما مصرف‌شده و علامت آن(Q) در سمت واکنش‌دهنده‌ها حضور دارد. واکنش‌های گزینه ۲ و ۳ گرماده هستند. پس تنها واکنش‌های ۱ و ۴ را باید از نظر ضریب مواد گازی دو طرف بررسی کرد. معادله این دو واکنش شیمیایی به صورت زیر است:

$$2SO_2(g) + Q \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$$
$$2N_2(g) + O_2(g) + Q \rightleftharpoons 2N_2O(g)$$

پس واکنش مورد نظر در گزینه ۴ قرار دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۱۶ معادله واکنش مربوط به تعادل ایجادشده به صورت زیر است:

$$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$$

مقدار ۴۴ گرم کربن دی‌اکسید معادل یک مول از این ماده است. اگر در این تعادل $2x$ مول کربن مونوکسید تولید شده باشد، x مول کربن دی‌اکسید مصرف‌شده و مقدار آن به $1-x$ مول می‌رسد. بر اساس ثابت تعادل این واکنش داریم:

$$K = \frac{(n_{CO})^2}{n_{CO_2}} \times V^{1-2} = \frac{(n_{CO})^2}{n_{CO_2} \times V} \Rightarrow 0/4 = \frac{(2x)^2}{(1-x) \times 5} \Rightarrow 4x^2 = 2 - 2x \Rightarrow 4x^2 + 2x - 2 = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 0/5\ mol \\ x = -1\ mol \end{cases}$$

توجه داریم که x نمی‌تواند مقدار منفی داشته باشد، پس مقدار این مولفه قطعا برابر با ۰/۵ مول خواهد بود. پس در این تعادل، مقدار کربن مونوکسید برابر با یک مول و مقدار کربن دی‌اکسید برابر با ۰/۵ مول است. اگر در تعادل جدید، غلظت گاز کربن مونوکسید نصف شود، مقدار گاز کربن مونوکسید برابر با ۰/۵ مول شده و ۰/۵ مول از آن در واکنش برگشت مصرف می‌شود؛ پس ۰/۲۵ مول کربن دی‌اکسید در این واکنش تولیدشده است و مقدار کلی کربن دی‌اکسید در تعادل جدید برقرار شده، به ۰/۷۵ مول می‌رسد. حال مقدار ثابت تعادل جدید را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{(n_{CO})^2}{n_{CO_2} \times V} \Rightarrow K = \frac{(0/5)^2}{0/75 \times 5} = \frac{1}{15} \simeq 6/7 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

پس ثابت تعادل جدید به تقریب برابر $6/7 \times 10^{-2}$ مول بر لیتر است.

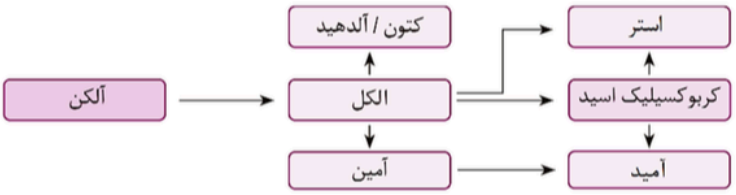
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

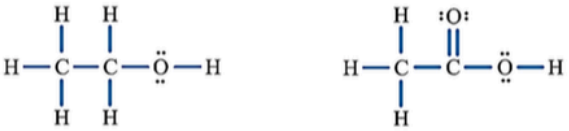
۳۱۷ عبارت‌های (آ)، (ب) و (ت) نادرست هستند.

بررسی موارد:

آ: نمودار تبدیل مواد آلی به یکدیگر به صورت زیر است:



عدد اکسایش دو اتم کربن در اتانول ۳- و ۱- بوده و در استیک اسید، عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر با ۳- و ۳+ است. ساختار مولکولی استیک اسید و اتانول به صورت زیر است:



پس در واکنش تبدیل اتانول به استیک اسید، عدد اکسایش اتم کربن متصل به اکسیژن در اتانول از ۱- به ۳+ در استیک اسید تغییر کرده و اکسایش می‌یابد. پس برای اکسایش اتانول در این واکنش، باید یک اکسنده حضور داشته باشد. توجه داریم که اتانول در این واکنش کاهنده است.

ب: افشانه بی‌حس‌کننده موضعی تولیدشده از گاز اتن، کلرواتان است که واکنش تولید آن به صورت زیر است:

$$CH_2 = CH_2(g) + HCl(g) \longrightarrow C_2H_5Cl(g)$$

این در حالی است که آهن(III) کلرید، کاتالیزگر واکنش تولید ۲،۱-دی‌کلرواتان از گاز اتن و گاز کلر است. معادله این واکنش شیمیایی به صورت زیر است:

$$CH_2 = CH_2(g) + Cl_2(g) \xrightarrow{FeCl_3} CH_2ClCH_2Cl(g)$$

پ: فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است. اما می‌توان با پالایش نفت خام و تبدیل آن به فراورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین و ... آن را به قیمت بالاتری به فروش رساند. بر این اساس، می‌توان گفت آمونیاک و سولفوریک اسید، از جمله فراورده‌های پتروشیمیایی هستند.

ت: حلال چسب، یک استر به نام اتیل استات(اتیل اتانوات) است که از واکنش استیک اسید با اتانول تولید می‌شود. معادله این واکنش به صورت زیر است:

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

در فناوری شیمیایی، ابتدا ماده خام در اثر واکنش شیمیایی به مواد اولیه و پرکاربرد تبدیل می‌شود، سپس ماده اولیه در واکنشی دیگر شرکت کرده و به فراورده هدف(فراورده نهایی) تبدیل خواهد شد. پس در این واکنش، اگر اتیل استات فراورده هدف باشد، دو ماده اتانول و استیک اسید مواد اولیه هستند. مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و به طور طبیعی در طبیعت حضور دارند. پس ماده خام این فرایند را می‌توان نفت خام دانست.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۱۸ مقدار ثابت تعادل مطرح‌شده در صورت سوال می‌تواند متعلق به یکی از تعادل‌های زیر باشد:

$$۲NO_۲(g) \rightleftharpoons N_۲O_۴(g) \qquad N_۲O_۴(g) \rightleftharpoons ۲NO_۲(g)$$

چون واحد(یکا) ثابت تعادل مطرح‌شده معادل با مول بر لیتر است، پس می‌توان گفت ضریب گازها در سمت فراورده یک واحد بیشتر از واکنش‌دهنده بوده و معادله این تعادل، واکنش سمت راست است. جرم مولی گاز دی‌نیتروژن تتراکسید(۹۲ گرم بر مول) دو برابر جرم مولی گاز نیتروژن دی‌اکسید(۴۶ گرم بر مول) بوده و اگر مقدار دی‌نیتروژن تتراکسید برابر x مول باشد، مقدار نیتروژن دی‌اکسید برابر $۲x$ مول است. پس به کمک ثابت تعادل واکنش، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{(n_{NO_۲})^۲}{n_{N_۲O_۴}} \times V^{۱-۲} = \frac{(n_{NO_۲})^۲}{n_{N_۲O_۴} \times V} \Rightarrow ۰/۴ = \frac{(۲x)^۲}{x \times ۱۰} \Rightarrow ۴x = ۴x^۲ \Rightarrow x = ۱\ mol$$

در تعادل جدید برقرار شده در ظرف واکنش، غلظت و در نتیجه مقدار دو ماده گازی با یکدیگر برابر هستند. اگر مقدار گازها را در این حالت برابر با y مول در نظر بگیریم، داریم:

$$K = \frac{(n_{NO_۲})^۲}{n_{N_۲O_۴} \times V} \Rightarrow ۰/۴ = \frac{y^۲}{y \times ۱۰} \Rightarrow y = ۴\ mol$$

در تعادل اول، دو مول $NO_۲$ و یک مول $N_۲O_۴$ حضور دارد. در تعادل جدید برقرار شده، چهار مول از هر دو ماده حضور دارد. با اضافه کردن گاز $N_۲O_۴$ به تعادل اول، واکنش در جهت رفت پیش می‌رود. در این حالت با توجه به افزایش مقدار گاز $NO_۲$ به اندازه دو مول، می‌توان گفت یک مول گاز $N_۲O_۴$ در این واکنش مصرف‌شده است. بنابراین لحظه اضافه‌کردن گاز $N_۲O_۴$، مقدار آن ۵ مول بوده و با توجه به مقدار آن در تعادل اول، ۴ مول از این گاز به تعادل اولیه اضافه شده است. به جدول زیر در رابطه با این فرایند دقت کنید:

	$N_۲O_۴$	$NO_۲$
مقدار مول در تعادل اول	۱	۲
مقدار اضافه‌شده	$+a$	-
مقدار تغییرات	$-b$	$+۲b$
مقدار مول در تعادل دوم	$۱+a-b$	$۲+۲b$

بر این اساس، داریم:

$$۲ + ۲b = ۴ \Rightarrow b = ۱$$
$$۱ + a - b = ۴ \xrightarrow{b=۱} a = ۴\ mol$$

بنابراین به تعادل اولیه، مقدار ۴ مول گاز $N_۲O_۴$ اضافه‌شده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۱۹ معادله تعادل مورد نظر به صورت زیر است:

$$۲A(s) + B(g) \rightleftharpoons C(l) + D(g)$$

در رابطه با این واکنش تعادلی، عبارت‌های (آ) و (پ) نادرست هستند.

بررسی موارد:

آ: با تغییر در مواد خالص جامد و مایع در تعادل، غلظت آن مواد تغییری نمی‌کند و به همین علت تعادل به سمتی جابه‌جا نخواهد شد. پودر کردن ماده جامد A، سطح تماس این ماده را با سایر مواد افزایش می‌دهد. با افزایش سطح تماس این ماده با سایر مواد، تعادل سریع‌تر برقرار می‌شود اما این فرایند تاثیری بر مقدار ثابت تعادل، جابه‌جایی تعادل، مقدار تغییر آنتالپی واکنش و ... ندارد.

ب: با کاهش حجم ظرف واکنش، غلظت گازها افزایش می‌یابد و هم سرعت واکنش رفت و هم سرعت واکنش برگشت با توجه به حضور مواد گازی در دو سمت معادله افزایش خواهد یافت. با توجه به برابر بودن ضریب گازها در دو سمت معادله، کاهش حجم تاثیری بر تعادل نداشته و تنها سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت را به مقدار برابر افزایش می‌دهد.

پ: با اضافه کردن ماده D به ظرف، ابتدا سرعت واکنش برگشت با توجه افزایش غلظت این گاز افزایش می‌یابد و سپس با مصرف و کاهش غلظت آن، سرعت کم می‌شود. البته چون تعادل به طور کامل نمی‌تواند اثر اضافه‌شدن ماده را برطرف کند و غلظت ماده D همچنان در تعادل جدید بیشتر از تعادل قدیمی است، سرعت واکنش برگشت در تعادل جدید بیشتر از سرعت این واکنش در تعادل قبلی است. همچنین در این حالت چون تعادل به سمت تولید واکنش‌دهنده‌ها و افزایش غلظت گاز B می‌رود، تا رسیدن به تعادل جدید سرعت واکنش رفت افزایش می‌یابد.

ت: با خارج کردن B از ظرف واکنش، تعادل به سمت تولید آن جابه‌جا می‌شود. پس در ابتدا سرعت واکنش رفت به علت کاهش غلظت B کاهش و سپس با رفتن تعادل به سمت تولید این ماده و افزایش مجدد غلظت B، سرعت واکنش رفت افزایش می‌یابد؛ اما به سرعت واکنش به پیش از زمان خروج آن نمی‌رسد و از آن کمتر است. همچنین سرعت واکنش برگشت نیز به تدریج با انجام‌گرفتن آن و کاهش غلظت گاز D، کم می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

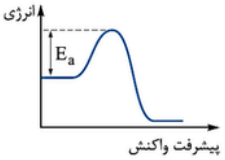
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۰ گازهای هیدروژن و متان به صورت خودبه‌خودی و بدون تامین انرژی فعال‌سازی اولیه، نمی‌سوزند. علت این اتفاق، انرژی فعال‌سازی بالای این دو واکنش است. این در حالی است که به علت انرژی فعال‌سازی کم واکنش سوختن فسفر سفید، این ماده در دمای و شرایط اتاق در اکسیژن هوا می‌سوزد. همچنین با توجه به آن که گاز هیدروژن از گاز متان خطرناک‌تر بوده و احتمال انفجار آن بیشتر است، می‌توان گفت انرژی فعال‌سازی سوختن گاز هیدروژن کمتر از انرژی فعال‌سازی سوختن متان خواهد بود. پس مقایسه انرژی فعال‌سازی سوختن این ۳ ماده به صورت زیر است:

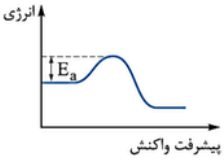
متان > هیدروژن > فسفر سفید

فسفر سفید یکی از دگرشکل‌های فسفر است که به علت احتمال سوختن خودبه‌خودی آن در هوا، در آزمایشگاه زیر آب نگهداری می‌شود. دگرشکل دیگر این عنصر فسفر قرمز است که پایدارتر بوده و نیازی به نگهداری آن در زیر آب نیست. نمودارهای زیر، مربوط به واکنش سوختن هیدروژن و فسفر سفید هستند:

واکنش سوختن گاز هیدروژن:



واکنش سوختن فسفر سفید:



بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) تامین انرژی فعال‌سازی اولیه، شرط لازم برای انجام واکنش‌های شیمیایی است و اگر این انرژی تامین نشود، واکنش مورد نظر اصلا انجام نخواهد شد؛ چه واکنش گرماده باشد و چه واکنش گرماگیر!

۲) گاز هیدروژن و اکسیژن در دما و شرایط اتاق با یکدیگر واکنش نمی‌دهند. زیرا انرژی فعال‌سازی واکنش سوختن هیدروژن زیاد بوده و باید برای انجام آن تامین شود. برای این مشکل دو راه‌کار وجود دارد. یا این انرژی باید توسط جرقه تامین شود و یا باید از کاتالیزگر برای کاهش این انرژی استفاده شود. در هر دو روش، واکنش با سرعت بالایی انجام می‌شود. البته سرعت واکنش در استفاده از توری پلاتینی(یک نوع کاتالیزگر) یا ایجاد جرقه به صورت انفجاری و در صورت استفاده از پودر روی(کاتالیزگر دیگر) سریع خواهد بود. در واقع توری پلاتینی نسبت به پودر روی مقدار انرژی فعال‌سازی را بیشتر کاهش می‌دهد و به همین علت سرعت واکنش را بیشتر افزایش خواهد داد. آزمون وی ای پی

$$2H_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{Pt\ یا\ Zn} H_2O(g)$$

چون تغییر آنتالپی واکنش به سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها بستگی دارد، مقدار آن در هر چهار حالت(شرایط اتاق، ایجاد جرقه، در حضور فلز روی و در حضور فلز پلاتین) برابر است و مقدار گرمای یکسانی از سوختن هر مول هیدروژن آزاد می‌شود.

۴) کاتالیزگرها تاثیری بر تغییر آنتالپی و در نتیجه مقدار گرمای مبادله‌شده در واکنش‌ها ندارند. پس اگر از سوختن یک مول گاز هیدروژن بدون حضور کاتالیزگر x کیلوژول گرما آزاد شود، در حضور فلز روی به عنوان کاتالیزگر نیز از سوختن این مقدار هیدروژن همان x کیلوژول گرما آزاد می‌گردد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۲۱ تعادل ایجادشده در ظرف نگهداری این ماده به صورت زیر است:

$$Ag_2CO_3(s) \rightleftharpoons Ag_2O(s) + CO_2(g), K = 2 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

عبارت ثابت تعادل این واکنش به صورت زیر است:

$$K = [CO_2]$$

پس غلظت کربن دی‌اکسید در این تعادل برابر ۰/۰۰۰۲ مول بر لیتر خواهد بود. اگر مقدار کربن دی‌اکسید در ظرف واکنش از این مقدار کمتر باشد، واکنش در جهت تولید گاز کربن دی‌اکسید پیش خواهد رفت و نقره کربنات مصرف خواهد شد. اگر غلظت کربن دی‌اکسید برابر ۰/۰۰۰۲ مول بر لیتر باشد، تعادل برقرار شده و تغییر جرم مواد رخ نخواهد داد. حال غلظت کربن دی‌اکسید را به ppm تبدیل می‌کنیم. برای این منظور، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$C = \frac{ppm \times d}{1000M}$$

در این رابطه، مولفه C غلظت مولی(بر حسب مول بر لیتر)، ppm غلظت بر حسب ppm، مولفه d چگالی محلول(بر حسب گرم بر میلی‌لیتر) و مولفه M نیز جرم مولی حل‌شونده(بر حسب گرم بر مول) است. در اطلاعات مساله هر لیتر هوا ۱/۲۵ گرم جرم داشته و چگالی آن بر حسب گرم بر لیتر برابر ۱/۲۵ و بر حسب گرم بر میلی‌لیتر برابر $1/25 \times 10^{-3}$ است.

بر این اساس، داریم:

$$C = \frac{ppm \times d}{1000M} \Rightarrow 0/0002 = \frac{ppm \times 1/25 \times 10^{-3}}{1000 \times 44} \Rightarrow ppm = \frac{1000 \times 44 \times 0/0002}{1/25 \times 10^{-3}} = \frac{8800}{1/25} = 7040\ ppm$$

پس غلظت این گاز در محفظه نگهداری حداقل باید ۷۰۴۰ ppm باشد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۲۲ معادله واکنش مربوط به تعادل مورد نظر، در شرایط اتاق(دمای ۲۵ درجه سلسیوس) به صورت زیر است:

$$H_۲(g) + I_۲(s) \rightleftharpoons ۲HI(g)$$

این واکنش گرماگیر بوده و علامت تغییر آنتالپی آن مثبت است. البته اگر در این واکنش به جای ید جامد، ید گازی قرار گیرد، واکنش گرماده خواهد شد. پس این تعادل در جهت رفت گرماگیر بوده و با کاهش دما واکنش به سمت برگشت جابه‌جا می‌شود. در این حالت درصد پیشرفت واکنش کاهش یافته و درصد حجمی گاز هیدروژن یدید در ظرف واکنش کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) افزایش دما در تعادل موجب جابه‌جایی تعادل به سمت واکنش گرماگیر می‌شود. در این حالت از آن جا که سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، برای آن که تعادل به سمت واکنش گرماگیر متمایل شود، باید افزایش سرعت واکنش گرماگیر بیشتر باشد. همچنین کاهش دما در تعادل موجب رفتن تعادل به سمت واکنش گرماده می‌شود. کاهش دما سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت را کاهش می‌دهد. اما سرعت واکنش گرماگیر را بیشتر از واکنش گرماده کاهش می‌دهد، تا سرعت واکنش گرماگیر کمتر از واکنش گرماده شود و تعادل به سمت واکنش گرماده باشد. پس به طور کلی در یک سامانه تعادلی تغییر دما تاثیر بیشتری بر سرعت واکنش گرماگیر دارد. در این تعادل نیز واکنش رفت گرماگیر است.

۲) با افزایش فشار بر سامانه واکنش، تعادل به سمتی می‌رود که ضریب مواد گازی آن کمتر باشد، پس در این حالت تعادل به سمت انجام واکنش برگشت می‌رود. در واکنش برگشت، گاز هیدروژن یدید مصرف خواهد شد.

۳) کاهش حجم واکنش، موجب افزایش غلظت هر دو گاز موجود در تعادل(گازهای هیدروژن و هیدروژن یدید) خواهد شد. مطابق اصل لوشاتلیه، این تغییر تعادل را به سمت تولید گاز هیدروژن برده و غلظت آن را بیشتر نیز افزایش می‌دهد. پس در تعادل جدید غلظت گاز هیدروژن بیشتر بوده و سرعت واکنش رفت بیشتر از تعادل قبل بوده و با توجه به برابر بودن سرعت واکنش رفت و برگشت در سامانه تعادلی، می‌توان گفت سرعت واکنش رفت و برگشت در تعادل جدید بیشتر از تعادل قبلی است. توجه داریم که کاهش حجم ظرف واکنش، با توجه به حضور همزمان ماده گازی در دو طرف معادله واکنش مورد نظر، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت را افزایش می‌دهد؛ اما افزایش سرعت واکنش برگشت بیشتر بوده و تعادل به سمت انجام آن و در نتیجه کاهش شمار مولکول‌های گازی پیش می‌رود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۲۳ معادله موازنه‌شده این تعادل به صورت زیر است:

$$۴HCl(g) + O_۲(g) \rightleftharpoons ۲H_۲O(l) + ۲Cl_۲(g)$$

توجه داریم که $H_۲O$ تولید شده در این واکنش، حالت مایع داشته و در رابطه ثابت تعادل، مقدار غلظت آن را ذکر نمی‌کنیم. ابتدا مقدار مواد گازی موجود در تعادل را حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\,HCl = ۲۹۲\,g\,HCl \times \frac{۱\,mol\,HCl}{۳۶/۵\,g\,HCl} = ۸\,mol \qquad ?\,mol\,O_۲ = ۴۸\,g\,O_۲ \times \frac{۱\,mol\,O_۲}{۳۲\,g\,O_۲} = ۱/۵\,mol$$

$$?\,mol\,Cl_۲ = ۲۸۴\,g\,Cl_۲ \times \frac{۱\,mol\,Cl_۲}{۷۱\,g\,Cl_۲} = ۴\,mol$$

از ثابت تعادل این واکنش داریم:

$$K = \frac{(n_{Cl_۲})^۲}{(n_{HCl})^۴ \times n_{O_۲}} \times V^{۵-۲} = \frac{(n_{Cl_۲})^۲}{(n_{HCl})^۴ \times n_{O_۲}} \times V^۳ \Rightarrow ۴/۵ = \frac{(۴)^۲}{۸^۴ \times ۱/۵} \times V^۳ \Rightarrow V^۳ = \frac{۹}{۲} \times \frac{۲^{۱۲} \times ۱/۵}{۲^۴} = ۹ \times ۳ \times ۲^۶$$

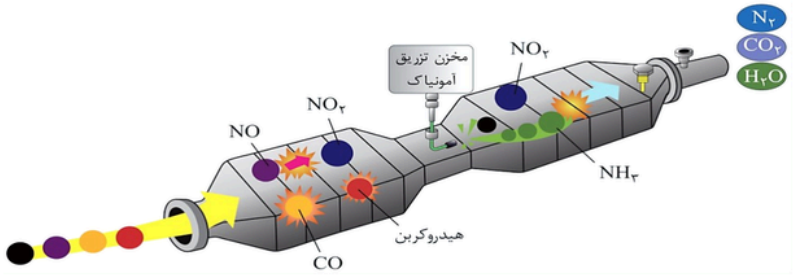
$$\Rightarrow V = ۳ \times ۲^۲ = ۱۲\,L$$

پس حجم ظرف این تعادل برابر با ۱۲ لیتر است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۴ مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی برای خودروهای دیزلی مناسب نبوده و این خودروها باید از مبدل کاتالیستی مخصوص خود استفاده کنند. این مبدل‌ها که به اصطلاح، به مبدل‌های دو محفظه‌ای هم معروف هستند، به صورت زیر است:



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

واکنش حذف C_xH_y : $C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) O_2 \longrightarrow xCO_2 + \frac{y}{2} H_2O$

واکنش حذف CO : $2CO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)$

واکنش تولید NO_2 : $2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$

حال با ورود اکسیدهای نیتروژن از محفظه اول و آمونیاک از مخزن به درون محفظه دوم، واکنش زیر رخ خواهد داد:

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

در واقع تفاوت مبدل کاتالیستی در خودروهای بنزینی و دیزلی، واکنش حذف اکسیدهای نیتروژن است. در رابطه با این مبدل، همه عبارت‌ها درست هستند.

بررسی موارد:

آ: در این مبدل در محفظه اول ابتدا اتم‌های نیتروژن NO اکسایش می‌یابند و به ساختار NO_2 وارد می‌شوند. سپس اتم نیتروژن موجود در NO_2 در محفظه دوم کاهش یافته و به N_2 منتقل می‌شود.

ب: در این مبدل به ازای ورود دو مول اتم نیتروژن در اکسیدهای نیتروژن، ۴ مول اتم نیتروژن به صورت گاز نیتروژن خارج می‌شود. علت این اختلاف ورود اتم‌های نیتروژن در آمونیاک تزریق‌شده و مصرف‌شده در محفظه دوم است.

پ: از این مبدل کاتالیستی، گازهای نیتروژن، کربن دی‌اکسید و بخارآب خارج می‌شود. همچنین در گاز خروجی از مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی، گازهای نیتروژن، کربن دی‌اکسید، اکسیژن و بخارآب وجود دارد.

ت: مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی برای خودروهای دیزلی مناسب نبوده و کارایی مناسبی در این جایگاه ندارد و اگر از آن استفاده شود، مقدار آلاینده کمتری حذف شده و آلاینده بیشتری وارد هوا می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۲۵ معادله واکنش مربوط به تعادل ایجادشده، به صورت زیر است:

$$H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$$

چون مقدار اولیه هیدروژن و برم موجود در ظرف واکنش با هم برابر است، مقدار تعادلی آن‌ها نیز برابر می‌باشد. پس در مخلوط تعادل که ۶۰ درصد حجم آن را گاز هیدروژن برمید تشکیل می‌دهد، درصد حجمی هر گاز دیگر برابر با ۲۰ درصد خواهد بود. با توجه به قانون گازها، نسبت حجمی گازها در شرایط مشابه، برابر نسبت مولی آن‌ها است. بر این اساس، می‌توان گفت نسبت مولی گاز هیدروژن برمید به هریک از گازهای هیدروژن و یا برم، برابر ۳ خواهد بود. بر این اساس مقدار ثابت تعادل واکنش را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{[HBr]^2}{[H_2] \times [Br_2]} = \frac{(\frac{n_{HBr}}{V})^2}{\frac{n_{H_2}}{V} \times \frac{n_{Br_2}}{V}} \xrightarrow{n_{H_2}=n_{Br_2}} K = \frac{(\frac{n_{HBr}}{V})^2}{(\frac{n_{H_2}}{V})^2} = (\frac{n_{HBr}}{n_{H_2}})^2 \Rightarrow K = 3^2 = 9$$

پس ثابت تعادل این واکنش برابر ۹ است. درصد پیشرفت واکنش به معنای درصد واکنش‌دهنده‌هایی است که به فراورده تبدیل شده‌اند. در این واکنش اگر ۶۰ مول فراورده تولیدشده باشد، به معنای مصرف ۳۰ مول از هر یک از واکنش‌دهنده‌ها است. همچنین در حالت تعادل، مقدار ۲۰ مول از هر یک از عناصر وجود دارد. بر این اساس، درصد پیشرفت واکنش را به هنگام رسیدن به تعادل بدست می‌آوریم:

$$\text{درصد پیشرفت} = \frac{\text{مقدار واکنش‌دهنده مصرف‌شده}}{\text{مقدار کل واکنش‌دهنده}} \times 100 \Rightarrow P = \frac{30}{50} \times 100 = 60\%$$

پس این واکنش تا لحظه رسیدن به تعادل، به اندازه ۶۰ درصد پیشرفت کرده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۲۶ واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$CO_۲(g) + ۲H_۲O(l) \rightleftharpoons HCO_۳^-(aq) + H_۳O^+(aq)$$

فرایند انحلال گازها در آب گرماده بوده و به همین علت با افزایش دما، انحلال‌پذیری گازها در آب کاهش می‌یابد. عبارت‌های (آ) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: با افزایش دما، این تعادل در جهت برگشت پیش می‌رود. در این حالت یون هیدرونیوم موجود در محلول مصرف‌شده و غلظت آن کاهش می‌یابد. کاهش غلظت یون هیدرونیوم، pH محلول را افزایش می‌دهد.

ت: با دو برابرشدن فشار، واکنش در جهت شمار مول‌های گازی کمتر پیش می‌رود؛ پس در این واکنش با افزایش فشار، واکنش در جهت رفت و تولید یون هیدرونیوم پیش می‌رود. در این حالت با تولید یون هیدرونیوم و افزایش غلظت آن، pH کاهش خواهد یافت.

ب: جوش شیرین یا همان سدیم هیدروژن کربنات، حاوی یون‌های هیدروژن کربنات($HCO_۳^-$) است و به هنگام حل‌شدن در آب، غلظت این یون را افزایش می‌دهد. با افزایش غلظت این یون، واکنش در جهت مصرف آن و به سمت واکنش برگشت جابه‌جا می‌شود. در این حالت، گاز کربن دی‌اکسید تولیدشده و از محلول خارج خواهد شد.

پ: محلول شیشه‌پاک‌کن، محلولی بازی از آمونیاک است. با حل شدن گاز کربن دی‌اکسید در این محلول، یون‌های هیدرونیوم تولیدشده در این واکنش و یون‌های هیدروکسید موجود در محلول با یکدیگر خنثی می‌شوند. در این حالت غلظت یون هیدرونیوم کاهش یافته و موجب جابه‌جایی تعادل به سمت واکنش تولید آن(واکنش رفت) و افزایش گاز کربن دی‌اکسید حل‌شده در محلول می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۲۷ تنها عبارت (پ) درست است.

بررسی موارد:

آ: پلی‌اتیلن ترفتالات یک پلی‌استر بوده و این پلیمر همانند اغلب پلیمرهای سنتزی دیگر، ماندگاری زیادی داشته و زیست‌تخریب‌ناپذیر است؛ به گونه‌ای که در طبیعت به کندی تجزیه می‌شود. در مقابل پلی‌لاکتیک اسید پلیمری سبز بوده و زیست‌تخریب‌پذیر است. پلیمرهای سبز پس از مدتی در طبیعت به مولکول‌های ساده مانند آب و کربن دی‌اکسید تبدیل خواهند شد.

ب: فرمول شیمیایی پلی اتیلن ترفتالات به صورت $[C_۱۰H_۸O_۴]_n$ و فرمول شیمیایی ترفتالیک اسید، به صورت $C_۸H_۶O_۴$ است. درصد جرمی مواد در پلیمر و واحد تکرارشونده یکسان می‌باشد. پس درصد جرمی اکسیژن را در دو ماده با فرمول مولکولی $C_۸H_۶O_۴$ و $C_۱۰H_۸O_۴$ مقایسه می‌کنیم. شمار اتم‌های اکسیژن در دو ماده برابر است؛ پس درصد جرمی اکسیژن در ماده‌ای با جرم مولی بیشتر، کمتر خواهد بود. در این حالت، می‌توان گفت $C_۱۰H_۸O_۴$ دو اتم کربن و دو اتم هیدروژن بیشتر از ماده دیگر داشته و درصد جرمی اکسیژن در آن کمتر است.

پ: در واکنش بسپارش پلی‌استرها و واکنش استری‌شدن، هیچ تغییر عدد اکسایشی رخ نمی‌دهد و این واکنش از نوع اکسایش-کاهش نیست. در این واکنش، هیچ الکترونی بین گونه‌ها مبادله نمی‌شود.

ت: واکنش تبدیل پلی‌اتیلن ترفتالات به مونومرهای سازنده دشوار است. این پلیمر در واکنش با متانول در شرایط مناسب، به مواد مفیدی تبدیل می‌شود که می‌توان آن‌ها را برای تولید پلیمرهای جدید به کار برد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۲۸ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: شرایط بهینه انجام فرایند هابر، دمای $۴۵۰^{\circ}C$ و فشار ۲۰۰ اتمسفر خواهد بود. فشار در این حالت ۲۰۰ برابر فشار حالت استاندارد و دما به تقریب ۳ برابر دما در حالت استاندارد(STP) است. فشار و دما به ترتیب با حجم گاز رابطه عکس و مستقیم دارد. پس حجم یک مول گاز در این شرایط بسیار کمتر از حجم مولی گازها در شرایط استاندارد است. در واقع در شرایط واکنش، هر مول گاز $\frac{۳}{۲۰۰}$ حالت استاندارد حجم دارد.

ب: معادله واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$O_۲(g) + NO(g) \rightleftharpoons O_۲(g) + NO_۲(g)$$

در این واکنش، مجموع ضریب گازها در فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها یکسان و برابر ۲ است. بر این اساس، می‌توان گفت تغییر حجم ظرف واکنش و همچنین تغییر فشار، تاثیری بر جابه‌جایی تعادل نمی‌گذارند.

پ: گیاهان نمی‌توانند نیتروژن مورد نیاز خود را به صورت مستقیم از هوا بگیرند و باید این عنصر ضروری را در قالب ترکیباتی مانند اوره و آمونیاک به عنوان کود دریافت کنند. در این دو ترکیب، عدد اکسایش نیتروژن ۳- بوده و نیتروژن در این ترکیب‌ها کاهش‌یافته است.

ت: مطابق اصل لوشاتلیه، به هنگام تغییر در یک تعادل، تعادل به سمتی جابه‌جا می‌شوند تا حد امکان از تاثیر آن تغییر کم کند و در اکثر مواقع نمی‌تواند تغییر را به طور کامل جبران کند. یکی از استثناهای این قضیه، واکنش تعادلی $CaCO_۳(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_۲(g)$ و سایر واکنش‌هایی است که در آن‌ها فقط یک جزء گازی وجود داشته و سایر مواد به حالت جامد هستند. در واقع، مقدار ثابت تعادل واکنش $CaCO_۳(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_۲(g)$، برابر غلظت گاز کربن دی‌اکسید($K = [CO_۲]$) بوده با تغییر غلظت به هر علتی، گاز کربن دی‌اکسید به همان غلظت باز می‌گردد. به عنوان مثال اگر تغییر، دو برابرکردن حجم ظرف باشد، در تعادل جدید و قدیمی غلظت گاز کربن دی‌اکسید یکسان بوده و با توجه به دو برابر بودن حجم ظرف در تعادل جدید، مقدار گاز کربن دی‌اکسید موجود در ظرف تعادل جدید دو برابر مقدار این گاز در تعادل قدیمی است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۲۹ معادله واکنش مربوط به تعادل ایجادشده به صورت مقابل است: $COCl_۲(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_۲(g)$

ابتدا مقدار ثابت تعادل واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{n_{CO} \times n_{Cl_۲}}{n_{COCl_۲}} \times V^{۱-۲} = \frac{n_{CO} \times n_{Cl_۲}}{n_{COCl_۲} \times V} \Rightarrow K = \frac{۴ \times ۴}{۸ \times ۱} = ۲$$

از تغییر حجم سامانه واکنش می‌توان برای تغییر غلظت مواد گازی شرکت‌کننده در واکنش کمک گرفت. برای آن‌که تغییر حجم بر جابه‌جایی یک تعادل شیمیایی مؤثر باشد، باید حداقل یکی از اجزای شرکت‌کننده در واکنش گازی‌شکل باشد و تعداد مول‌های گازی در دو طرف معادله واکنش نیز برابر نباشند. با افزایش حجم ظرف، تعادل در جهت تولید مقدار مول گاز بیشتر(واکنش رفت) جابه‌جا می‌شود. پس جدول زیر مقدار تغییرات مواد موجود در این معادله را تا رسیدن به تعادل نشان می‌دهد:

	$COCl_۲$	CO	$Cl_۲$
مقدار مول در تعادل اولیه	۸	۴	۴
مقدار تغییرات	$-x$	$+x$	$+x$
مقدار مول در تعادل ثانویه	$۸-x$	$۴+x$	$۴+x$

حال به کمک ثابت تعادل که تغییر حجم ظرف واکنش تاثیری بر آن ندارد، مقدار x را بدست می‌آوریم:

$$K = \frac{n_{CO} \times n_{Cl_۲}}{n_{COCl_۲} \times V} \Rightarrow ۲ = \frac{(۴+x)^۲}{(۸-x) \times ۳} \Rightarrow x^۲ + ۸x + ۱۶ = ۴۸ - ۶x \Rightarrow x^۲ + ۱۴x - ۳۲ = ۰$$

$$\Rightarrow (x-۲)(x+۱۶) = ۰ \Rightarrow x = ۲\ mol$$

پس تغییر مقدار گاز کلر برابر با ۲ مول بوده است. در نهایت سرعت متوسط مصرف این ماده را حساب می‌کنیم:

$$\bar{R}_{Cl_۲} = \frac{|\Delta n_{Cl_۲}|}{V \times \Delta t} \Rightarrow \bar{R}_{Cl_۲} = \frac{۲\ mol}{۳L \times \left(۴۰s \times \frac{۱\ min}{۶۰\ s}\right)} = ۱\ mol.L^{-۱}.min^{-۱}$$

پس سرعت متوسط تولید گاز کلر در بازه زمانی تغییر در تعادل اولیه تا ایجاد تعادل ثانویه، برابر یک مول بر لیتر بر دقیقه است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۳۰ واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$Mg(OH)_2(s) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq), K = 3/2 \times 10^{-11}\ mol^2.L^{-2}$$

ابتدا مقدار منیزیم هیدروکسیدی را که در آب حل می‌شود، محاسبه می‌کنیم. در این حالت غلظت یون هیدروکسید دو برابر غلظت یون منیزیم خواهد بود.

بر این اساس، داریم:

$$K = [Mg^{2+}] \times [OH^-]^2 \xrightarrow{[OH^-]=2[Mg^{2+}]} 3/2 \times 10^{-11} = [Mg^{2+}] \times (2[Mg^{2+}])^2 \Rightarrow 32 \times 10^{-12} = 4[Mg^{2+}]^3$$
$$[Mg^{2+}]^3 = 8 \times 10^{-12} \Rightarrow [Mg^{2+}] = 2 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

پس در ۱۰۰۰ گرم آب خالص(معادل یک لیتر)، 2×10^{-4} مول $Mg(OH)_2$ حل خواهد شد. در این حالت، غلظت Mg^{2+} در محلول به 2×10^{-4} مولار می‌رسد. اگر pH محلولی برابر ۱۱/۳ باشد، غلظت یون هیدروکسید در آن برابر است با:

$$[OH^-] = 10^{pH-14} \Rightarrow [OH^-] = 10^{11/3-14} = 10^{-2/3} \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

مقدار یون هیدروکسید آزادشده از انحلال منیزیم هیدروکسید در مقابل یون هیدروکسید موجود در محلول بسیار اندک است، پس می‌توان از مقدار آن صرف نظر کرد. چون منبع دیگری از یون منیزیم وجود ندارد، غلظت یون منیزیم برابر غلظت منیزیم هیدروکسید حل شده در محلول مورد نظر است. پس مقدار منیزیم هیدروکسید حل‌شده در ۱۰۰۰ گرم از این محلول(معادل یک لیتر) را حساب می‌کنیم:

$$K = [Mg^{2+}] \times [OH^-]^2 \Rightarrow 3/2 \times 10^{-11} = [Mg^{2+}] \times (2 \times 10^{-3})^2 \Rightarrow [Mg^{2+}] = \frac{3/2 \times 10^{-11}}{4 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^{-6}\ mol.L^{-1}$$

پس در ۱۰۰۰ گرم از این محلول نیز 8×10^{-6} مول منیزیم هیدروکسید حل می‌شود. پس نسبت مورد نظر برابر است با:

$$A = \frac{2 \times 10^{-4}}{8 \times 10^{-6}} = 25$$

پس انحلال‌پذیری منیزیم هیدروکسید در آب خالص، ۲۵ برابر انحلال‌پذیری آن در محلولی با $pH = 11/3$ است.

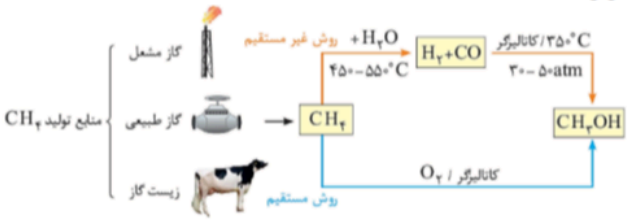
(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۳۱ متانول را می‌توان به دو طریق مستقیم و غیرمستقیم، از گاز متان تولید کرد. در رابطه با فرایند تولید متانول، بجز عبارت (آ)، سایر مطالب درست هستند.

بررسی موارد:

آ: واکنش کلی انجام‌شده در دو روش مستقیم و غیر مستقیم متفاوت از هم بوده و با توجه به متفاوت بودن مواد شرکت‌کننده و تولیدشده در دو واکنش، آنتالپی این دو برابر نخواهد بود.

فرایند انجام شده در این دو روش، به صورت زیر است:



ب: در روش مستقیم، تنها فراورده تولیدشده متانول است. در روش غیرمستقیم، علاوه بر متانول، گاز هیدروژن نیز تولید خواهد شد. همچنین با توجه به تولید گاز CO در واکنش اول روش غیرمستقیم، ممکن است این گاز خطرناک در محیط آزاد شود که کشنده خواهد بود.

پ: در روش غیرمستقیم، واکنش مرحله اول در دمای ۴۵۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود اما واکنش مرحله دوم از این روش، در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. بنابراین در این روش پس از انجام مرحله اول، باید مخلوط گازی تولیدشده را ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد سرد کنیم تا واکنش دوم انجام شود.

ت: واکنش مرحله اول روش غیرمستقیم به صورت زیر است:

$$CH_4(g) + H_2O(g) \longrightarrow CO(g) + 3H_2(g)$$

در این واکنش عدد اکسایش کربن از ۴- در متان به ۲+ در کربن مونوکسید می‌رسد. معادله روش مستقیم نیز به صورت زیر است:

$$2CH_4(g) + O_2(g) \longrightarrow 2CH_3OH(l)$$

در این روش عدد اکسایش کربن از ۴- در متان، به ۲- در متانول رسیده و ۲ واحد تغییر می‌کند. پس نسبت خواسته‌شده برابر ۳ است.

ث: متانول تولید شده در این فرایند، در مقایسه با پنتانول بخش ناقطبی کوچک‌تری داشته و به همین خاطر، انحلال‌پذیری بیشتری در آب خواهد داشت.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۳۲ در ابتدا در ظرف واکنش $\frac{۲۵/۶}{۱۶} = ۱/۶$ مول گاز متان و $\frac{۸۱/۶}{۳۴} = ۲/۴$ مول گاز هیدروژن سولفید وجود دارد. بنابراین با توجه به معادله واکنش موازنه شده، شمار مول گازها در تعادل به صورت زیر خواهد بود:

$$CH_۴(g) + ۲H_۲S(g) \rightleftharpoons CS_۲(g) + ۴H_۲(g)$$

۱/۶	۲/۴	۰	۰	شمار مول اولیه:
$۱/۶ - x$	$۲/۴ - ۲x$	x	$۴x$	شمار مول در لحظه تعادل:

با توجه به اینکه در لحظه برقراری تعادل $\frac{۶۰/۸}{۷۶} = ۰/۸$ مول گاز کربن دی سولفید در مخلوط تعادلی داریم، پس می‌توان گفت مقدار x برابر ۰/۸ مول بوده و غلظت تعادلی گونه‌ها برابر خواهد بود با:

$$[CH_۴] = \frac{۱/۶ - ۰/۸}{۲} = ۰/۴\ mol.L^{-۱} \quad و \quad [H_۲S] = \frac{۲/۴ - (۲ \times ۰/۸)}{۲} = ۰/۴\ mol.L^{-۱}$$

$$[CS_۲] = \frac{۰/۸}{۲} = ۰/۴\ mol.L^{-۱} \quad و \quad [H_۲] = \frac{(۴ \times ۰/۸)}{۲} = ۱/۶\ mol.L^{-۱}$$

در نهایت، ثابت تعادل این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{[CS_۲][H_۲]^۴}{[CH_۴]\,[H_۲S]^۲} = \frac{(۰/۴) \times (۱/۶)^۴}{(۰/۴) \times (۰/۴)^۲} = \frac{(۲^۴ \times ۱۰^{-۱})^۴}{(۲^۲ \times ۱۰^{-۱})^۲} = \frac{۲^{۱۶} \times ۱۰^{-۴}}{۲^۴ \times ۱۰^{-۲}} = ۲^{۱۲} \times ۱۰^{-۲} mol^۲.L^{-۲}$$

برای محاسبهٔ ثابت تعادل واکنش $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ می‌توانیم از رابطهٔ زیر هم استفاده کنیم:

$$K = \frac{n_C^c \times n_D^d}{n_A^a \times n_B^b} \times \left(\frac{۱}{V}\right)^{\Delta n} \quad و \quad \Delta n = (c + d) - (a + b)$$

مراقب باشید که در محاسبه Δn صرفاً ضرایب مواد گازی و محلول را در نظر بگیرید. توجه داریم که اگر مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌های گازی یا محلول با مجموع ضرایب فراورده‌های گازی یا محلول برابر باشد، Δn برابر صفر شده و مقدار ثابت تعادل مستقل از حجم ظرف می‌شود. در این حالت، داریم:

$$K = \frac{n_C^c \times n_D^d}{n_A^a \times n_B^b}$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۳۳ رابطه ثابت تعادل این واکنش، به صورت $K = [CO_۲]$ است. بلافاصله پس از اضافه کردن گاز کربن دی‌اکسید، سرعت واکنش برگشت افزایش خواهد یافت و از آنجا که مقدار ثابت تعادل واکنش در دمای ثابت، ثابت باقی می‌ماند و دچار تغییر نمی‌شود؛ پس می‌توان گفت تمام گاز کربن دی‌اکسید اضافه شده به ظرف در واکنش برگشت شرکت کرده و به $CaCO_۳$ تبدیل خواهد شد. ابتدا جرم CaO مصرف شده را حساب می‌کنیم:

$$?\,g\ CaO = ۴/۴\ g\ CO_۲ \times \frac{۱\ mol\ CO_۲}{۴۴\ g\ CO_۲} \times \frac{۱\ mol\ CaO}{۱\ mol\ CO_۲} \times \frac{۵۶\ g\ CaO}{۱\ mol\ CaO} = ۵/۶\ g$$

در تعادل اولیه، نیم مول کلسیم اکسید(CaO) در ظرف وجود دارد؛ بنابراین جرم نهایی CaO برابر خواهد بود با:

$$\text{جرم نهایی } CaO = \frac{۵۶}{۲} - ۵/۶ = ۲۲/۴\ g$$

در قدم بعد، جرم $CaCO_۳$ را در تعادل جدید حساب می‌کنیم. جرم $CaCO_۳$ تولید شده برابر است با:

$$?\,g\ CaCO_۳ = ۴/۴\ g\ CO_۲ \times \frac{۱\ mol\ CO_۲}{۴۴\ g\ CO_۲} \times \frac{۱\ mol\ CaCO_۳}{۱\ mol\ CO_۲} \times \frac{۱۰۰ g\ CaCO_۳}{۱\ mol\ CaCO_۳} = ۱۰\ g\ CaCO_۳$$

در تعادل اولیه نیم مول $CaCO_۳$ در ظرف وجود داشته است، بنابراین داریم:

$$\text{جرم نهایی } CaCO_۳ = \frac{۱۰۰}{۲} + ۱۰ = ۶۰\ g$$

و در نهایت درصد جرمی نهایی $CaCO_۳$ را حساب می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی نهایی } CaCO_۳ = \frac{\text{جرم نهایی } CaCO_۳}{\text{مجموع جرم مواد جامد}} \times ۱۰۰ = \frac{۶۰}{۶۰ + ۲۲/۴} \times ۱۰۰ \simeq \text{درصد } ۷۲/۸$$

توجه داریم که بر اساس قانون پایستگی جرم و اینکه جرم $CO_۲$ پس از اضافه کردن $CO_۲$ و رسیدن به تعادل جدید ثابت باقی می‌ماند؛ می‌توان اینطور نتیجه گرفت که مجموع جرم مواد جامد موجود در ظرف، به میزان $۴/۴\ g$ افزایش می‌یابد. بر این اساس، داریم:

$$\text{مقدار افزایش جرم جامدهای موجود در ظرف} = \text{جرم اولیه مواد جامد} - \text{جرم نهایی مواد جامد} = (۲۲/۴ + ۶۰) - (۲۸ + ۵۰) = ۴/۴\ g$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۳۴ در شرایط بهینه انجام فرایند هابر یعنی در دمای ۴۵۰°C، فشار $۲۰۰ atm$ و در مجاورت کاتالیزگر $Fe(s)$، درصد مولی گاز آمونیاک برابر با ۲۸ درصد است. از طرفی درصد مولی گازها در یک سامانه با درصد حجمی آنها یکسان است. بنابراین درصد حجمی گاز آمونیاک از نصف مجموع درصد حجمی دو گاز دیگر (یعنی $\frac{۷۲}{۲} = ۳۶$) کمتر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲) دی الکل استفاده شده در سنتز پلی‌اتیلن ترفتالات، اتیلن گلیکول است که واکنش سوختن کامل آن به صورت زیر است:

$$۲C_۲H_۶O_۲ + ۵O_۲ \rightarrow ۴CO_۲ + ۶H_۲O$$

بنابراین حجم گاز اکسیژن موردنیاز برابر خواهد بود با:

$$?L\ O_۲ = ۰/۵\ mol\ C_۲H_۶O_۲ \times \frac{۵\ mol\ O_۲}{۲\ mol\ C_۲H_۶O_۲} \times \frac{۲۲/۴\ L\ O_۲}{۱\ mol\ O_۲} = ۲۸\ L$$

۳) ترفتالیک اسید، یک ترکیب قطبی با توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی و پارازایلن یک ترکیب ناقطبی است؛ بنابراین در شرایط مشابه، انحلال‌پذیری ترفتالیک اسید در آب، از پارازایلن بیشتر است.

۴) متانول ساده‌ترین الکل تک عاملی با فرمول شیمیایی $CH_۳OH$ است. این ماده، مایعی بی رنگ و بسیار سمی است که از چوب تهیه شده و در صنایع گوناگون کاربرد دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۳۵ در قدم اول شمار مول های گاز گوگرد تری‌اکسید موجود در ظرف واکنش را حساب می‌کنیم. با توجه به اینکه در هنگام تعادل ۱۲۰ گرم گاز گوگرد تری‌اکسید در ظرف وجود دارد، شمار مول‌های این گاز برابر است با:

$$?\ mol\ SO_۳ = ۱۲۰\ g\ SO_۳ \times \frac{۱\ mol\ SO_۳}{۸۰\ g\ SO_۳} = ۱/۵\ mol$$

چون در حالت تعادل، جرم گازهای اکسیژن و گوگرد دی‌اکسید در ظرف واکنش با هم برابر است، پس شمار مول‌های تعادلی گاز اکسیژن ۲ برابر شمار مول‌های تعادلی گاز گوگرد دی‌اکسید می‌شود. طبق توضیحات داده شده، معادله موازنه‌شده واکنش و مقدار مول تعادلی مواد در ظرف واکنش به صورت زیر است:

$$۲SO_۳(g) \rightleftharpoons ۲SO_۲(g) + O_۲(g)$$

شمار مول در لحظه‌ی تعادل : ۱/۵ x ۲x

به منظور محاسبه‌ی ثابت تعادل واکنش شیمیایی $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$، می‌توانیم از رابطه‌ی زیر استفاده کنیم:

$$K = \frac{(n_C)^c \times (n_D)^d}{(n_A)^a \times (n_B)^b} \times \left(\frac{۱}{V}\right)^{\Delta n} \quad ,\quad \Delta n = (c+d) - (a+b)$$

دقت کنید که در محاسبه‌ی Δn صرفاً ضرایب مواد گازی و مواد در حالت محلول را در نظر بگیرید. در این حالت، اگر مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌های گازی یا محلول با مجموع ضرایب فراورده‌های گازی یا محلول برابر باشد، Δn برابر با صفر شده و مقدار ثابت تعادل مستقل از حجم ظرف می‌شود. در این حالت، رابطه‌ی ثابت تعادل به صورت زیر خواهد بود:

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

خب، برگردیم به سوال! از آنجا که حجم سامانه در حالت تعادل برابر با ۳ لیتر است، ثابت تعادل واکنش را می‌توانیم به صورت زیر بنویسیم:

$$K = \frac{[SO_۲]^۲[O_۲]}{[SO_۳]^۲} \times \left(\frac{۱}{V}\right)^{\Delta n} = \frac{x^۲ \times ۲x}{(۱/۵)^۲} \times (\frac{۱}{۳})^{۳-۲} = ۶/۴ \times ۱۰^{-۲} \Longrightarrow x = ۰/۶\ mol$$

بنابراین گاز اکسیژن موجود در ظرف برابر با $۲x = ۱/۲$ مول است. اکنون باید ببینیم با مصرف ۱/۲ مول گاز اکسیژن در واکنش سوختن متان، چند گرم گاز متان مصرف می‌شود. معادله موازنه‌شده سوختن گاز متان در دمای اتاق به صورت زیر است:

$$CH_۴ + ۲O_۲(g) \longrightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(l)$$

بر این اساس، داریم:

$$?\ g\ CH_۴ = ۱/۲\ mol\ O_۲ \times \frac{۱\ mol\ CH_۴}{۲\ mol\ O_۲} \times \frac{۱۶\ g\ CH_۴}{۱\ mol\ CH_۴} = ۹/۶\ g$$

بنابراین با استفاده از گاز اکسیژن موجود در این مخزن، می‌توان ۹/۶ گرم گاز متان را به طور کامل سوزاند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

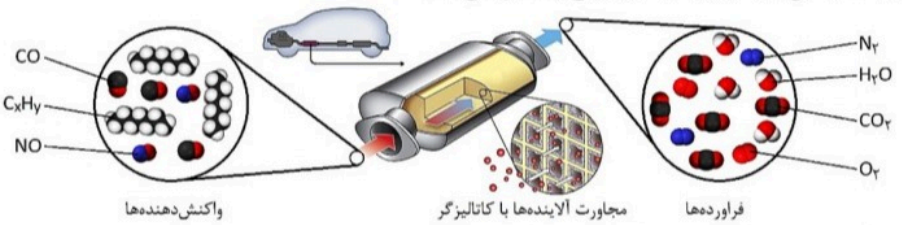
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۳۶ عبارت‌های (آ) و (ت) درست هستند.

بررسی سایر موارد:

آ: گازهای کربن مونوکسید، نیتروژن مونوکسید و هیدروکربن‌های نسوخته(C_xH_y) از جمله آلاینده‌های تولیدشده در موتور خودروها هستند که باعث آلودگی هواکره می‌شوند. با استفاده از مبدل‌های کاتالیستی، می‌توان مقدار این آلاینده‌ها را به طور قابل توجهی کاهش داد.

تصویر زیر، کارکرد مبدل‌های کاتالیستی در خودروهای غیردیزلی را نشان می‌دهد:



واکنش‌های انجام شده در این کاتالیزگرها به صورت زیر است:

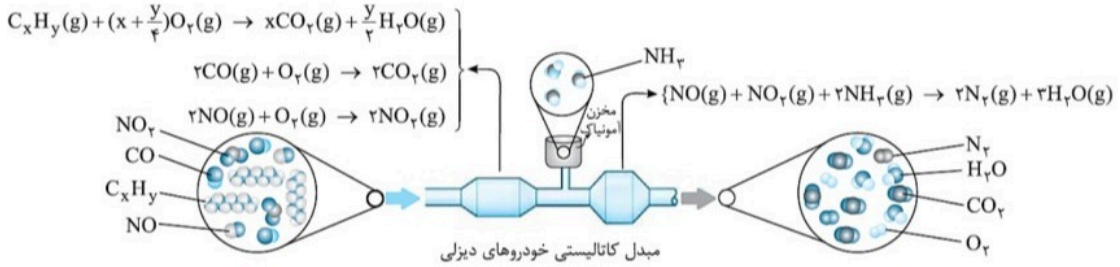
$$2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$$: حذف گاز کربن مونوکسید (CO)

$$2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$$: حذف گاز نیتروژن مونوکسید (NO)

$$C_xH_y(g) + (x + \frac{y}{4})O_2(g) \rightarrow xCO_2(g) + (\frac{y}{2})H_2O(g)$$: حذف هیدروکربن‌های نسوخته

در واکنش حذف هیدروکربن‌های نسوخته، ترکیبی با فرمول C_xH_y مصرف شده و گاز کربن دی‌اکسید تولید می‌شود. ترکیب C_xH_y، نوعی هیدروکربن بوده و میانگین عدد اکسایش اتم‌های کربن در آن حتما منفی است درحالی که در ساختار گاز کربن دی‌اکسید، عدد اکسایش اتم کربن برابر با ۴+ است. در واقع، طی این فرایند عدد اکسایش اتم‌های کربن موجود در ماده اولیه، از یک عدد منفی به ۴+ رسیده است، پس می‌توان گفت عدد اکسایش اتم‌های کربن بیش از ۴ واحد افزایش یافته است.

ب: تصویر زیر، نمایی از مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی را نشان می‌دهد:



در این مبدل‌های کاتالیستی، اکسیدهای نیتروژن(گازهای نیتروژن مونوکسید و نیتروژن دی‌اکسید) با آمونیاک واکنش داده و به مواد کم‌خطرتر مثل نیتروژن و بخار آب تبدیل می‌شوند. توجه داریم که آمونیاک، از یک منبع خارجی وارد ساختار این مبدل شده و چون در ساختار آمونیاک اتم نیتروژن وجود دارد، پس می‌توان گفت طی این فرایند شمار اتم‌های نیتروژن موجود در مخلوط گازی افزایش پیدا کرده است. با توجه به توضیحات داده شده، درصد جرمی اتم‌های نیتروژن در مخلوط گازی وارد شده به مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی(مخلوط گازی اکسیدهای نیتروژن)، کمتر از گازهای خروجی(مخلوط گازی حاوی مولکول دو اتمی نیتروژن) از آن است.

پ: شیمی‌دان‌ها با قراردادن کاتالیزگرهای مناسب بر سر راه گازهای خروجی از موتور خودروها، توانستند واکنش‌های مربوط به حذف آلاینده‌های تولیدشده در موتور خودروها را با سرعت بالاتری به انجام برسانند و با این روش، مقدار زیادی از گازهای آلاینده را به فراورده‌های بی‌خطر یا کم‌خطر تبدیل کنند. کاتالیزگرهای استفاده‌شده توسط شیمی‌دان‌ها شامل عناصر فلزی رودیم، پالادیم و پلاتین هستند که در قالب مبدل‌های کاتالیستی بر سر راه گازهای خروجی از موتور خودروها قرار می‌گیرند. کارایی مبدل‌های کاتالیستی، به نوع کاتالیزگرهای موجود در آن‌ها و شرایط استفاده از کاتالیزگرها بستگی دارد. به عنوان مثال، این مبدل‌ها را می‌توان به شکل یک قطعه سرامیکی ساخت که به شکل توری درآمده و فلزهای رودیم، پالادیم و پلاتین بر روی آن‌ها نشانده شده است. توجه داریم که کاتالیزگرهای مورد نظر، از جمله عناصر فلزی بوده و خواص شیمیایی آن‌ها مشابه خواص شیمیایی عنصر ژرمانیم(یک عنصر شبه‌فلزی از گروه ۱۴ جدول دوره‌ای) نخواهد بود.

ت: 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.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۳۷ معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:

$$۲NO(g) \rightleftharpoons N_۲(g) + O_۲(g)$$

با افزودن گاز اکسیژن به تعادل مورد نظر، یک شکستگی در نمودار مربوط به گاز اکسیژن ایجاد شده و در نتیجه این تغییر، واکنش در جهت برگشت(در جهت مصرف گاز اکسیژن) جابه‌جا شده و گاز اکسیژن اضافه شده تا حد امکان مصرف می‌شود؛ اما همانطور که می‌دانیم، غلظت تعادلی این گاز در شرایط جدید، بیشتر از غلظت تعادلی آن در حالت اولیه می‌شود؛ چراکه با جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت، واکنش سعی می‌کند که تا حد امکان اثر تغییر ایجاد شده(افزایش غلظت اکسیژن) را جبران کند اما به طور کامل از پس جبران کردن آن بر نمی‌آید. بر این اساس، گزینه‌های اول و سوم سوال حذف می‌شوند چراکه در این گزینه‌ها، غلظت گاز اکسیژن در تعادل جدید کمتر از غلظت آن در تعادل اولیه شده است. توجه داریم که گاز NO نیز با افزودن گاز اکسیژن به تعادل و جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت، در ظرف واکنش تولید شده و غلظت آن افزایش می‌یابد. چون ضریب گاز نیتروژن مونوکسید در معادله واکنش ۲ برابر ضریب گاز اکسیژن است، پس از لحظه اعمال تغییر تا زمان برقراری مجدد تعادل، مقدار تغییر غلظت این گاز باید ۲ برابر مقدار تغییر غلظت گاز اکسیژن باشد که این قاعده، فقط در نمودار داده شده در گزینه دوم رعایت شده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

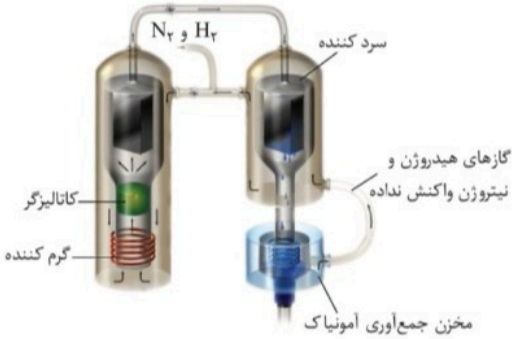
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۳۸ در تعادل $HF(aq) \rightleftharpoons F^-(aq) + H^+(aq)$، پس از انحلال مقداری سود(سدیم هیدروکسید) در محلول، این ماده مقداری از یون‌های هیدروژن حاصل از یونش هیدروفلوئوریک اسید را خنثی می‌کند. یون هیدروژن، فراورده‌ی تعادل مورد نظر بوده و با کاهش غلظت آن در محلول اسیدی اولیه، تعادل در جهت تولید مقدار بیشتر یون هیدروژن در محلول(در جهت رفت) جابه‌جا می‌شود. با جابه‌جایی تعادل به سمت رفت، غلظت مولی یون F^- در محلول افزایش یافته و غلظت مولکول‌های اسید یونیده نشده نیز در محلول کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۲ چون در تعادل $2HBr(g) \rightleftharpoons H_2(g) + Br_2(g)$، شمار مول‌های گازی در دو طرف معادله با هم برابر است، تغییر حجم ظرف واکنش هیچ تاثیری بر جابه‌جایی این تعادل شیمیایی نخواهد داشت. هرچند که با افزایش حجم ظرف واکنش این تعادل جابه‌جا نمی‌شود، اما با توجه به ثابت ماندن مقدار مول این گازها و افزایش حجم ظرف واکنش، غلظت همه این گازها در تعادل جدید در مقایسه با تعادل اولیه کمتر خواهد بود.

۳ نقطهٔ جوش گازهای H_2 و N_2 از نقطهٔ جوش آمونیاک بسیار پایین‌تر است، بنابراین با تنظیم دمای سردکننده در دمایی کمی پایین‌تر از دمای جوش آمونیاک می‌توان این گاز را به حالت مایع تبدیل 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 واکنش‌نداده، مجدداً به سمت گرم‌کننده حرکت می‌کنند تا از آن‌ها برای تولید آمونیاک بیشتر استفاده شود.

۴ معادله واکنش انجام شده طی فرایند هابر به صورت زیر است:

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

این واکنش، گرماده بوده و با افزایش دما، در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. بر این اساس، می‌توان گفت ثابت تعادل این واکنش در دمای ۳۰۰ کلوین(معادل با دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد)، بیشتر از ثابت تعادل آن در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد(شرایط بهینه برای انجام فرایند هابر) است. در واقع، آقای فریتس هابر واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن را بارها و بارها در شرایط گوناگون انجام داد تا سرانجام موفق به یافتن شرایط بهینه انجام‌شدن این واکنش شد. واکنش انجام‌شده توسط هابر به صورت زیر است:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightleftharpoons{۲۰۰\ atm\ و\ ۴۵۰^\circ C\ و\ Fe(s)} Q + 2NH_3(g)$$

همانطور که مشخص است، شرایط بهینه برای انجام شدن این فرایند، شامل دمای ۴۵۰°C(معادل با ۷۲۳ کلوین)، فشار $200atm$ و فلز آهن به عنوان کاتالیزگر مناسب می‌شود. در چنین شرایطی، ۲۸ درصد مولی از مخلوط واکنش را آمونیاک تشکیل می‌دهد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۳۹ 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 اکسنده استفاده می‌شود. توجه داریم که در واکنش تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، یون پرمنگنات(یونی که عدد اکسایش اتم منگنز در آن برابر با ۷+ بوده و فرمول شیمیایی آن به صورت MnO_4^- است) کاهش یافته و به منگنز(IV) اکسید یا همان MnO_2 تبدیل 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. با توجه به این قسمت از متن کتاب درسی، می‌توان گفت در دمای بالا شرایط تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید تأمین می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

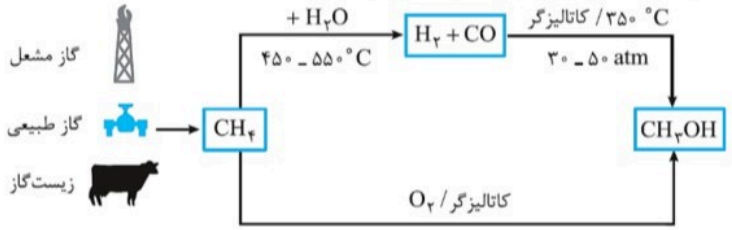
۲ پلاستیک‌ها یکی از نتایج خلاقیت و نوآوری بشر هستند که با استفاده از برخی از انواع پلیمرهای ساختگی مثل پلی‌اتیلن ترفتالات و پلی‌اتن تولید می‌شوند. ویژگی‌های مهم پلاستیک‌ها به شرح زیر است:



استفاده بی‌رویه و بیش از حد پلاستیک‌ها در صنایع گوناگون و زیست‌تخریب‌ناپذیر بودن آن‌ها سبب‌شده 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 ساخته‌شده از این پلیمر را باید به طور جداگانه جمع‌آوری کرده و پس از آن، با انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به مواد قابل استفاده تبدیل کرد. برای بازیافت پلی‌اتیلن ترفتالات از روش‌های مقابل استفاده می‌شود: ۱- مواد ساخته‌شده از پلی‌اتیلن ترفتالات را می‌توان پس از شست‌وشو و تمیزکردن، ذوب کرده و دوباره از آن‌ها برای تولید وسایل و ابزار استفاده کرد. ۲- این مواد را می‌توان پس از شست‌وشو خرد کرده و به تکه‌های کوچک به نام پرک تبدیل و در تولید مواد پلاستیکی دیگر استفاده کرد. ۳- این مواد و پسماندها را می‌توان به کمک واکنش‌های شیمیایی به مونومرهای سازنده یا مواد اولیه ارزشمند تبدیل کرد. البته، توجه داریم که برگرداندن پسماندها به مونومرهای سازنده کار دشواری است و به فناوری‌های پیشرفته‌ای نیاز دارد.

۳ گاز متان، بخش اصلی سازنده گاز طبیعی است که در میدان‌های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. در میدان‌های نفتی برای افزایش ایمنی، بخش قابل توجهی از گاز متان استخراج شده را می‌سوزانند.

یکی از کاربردهای گاز متان، تبدیل این ماده به متانول طی فرایندهای زیر است:



گاز متان واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و تبدیل آن به متانول فرایند دشواری است که انجام آن به دانش و فناوری پیشرفته‌ای نیاز دارد. به دلیل ارزان‌بودن گاز متان و اهمیت بالای متانول در صنایع گوناگون، پژوهش‌های شیمیایی زیادی در حال انجام است تا بتوان روشی برای تبدیل گاز متان به متانول پیدا کرد.

۴ فراورده حاصل از واکنش میان گاز کربن مونوکسید و گاز هیدروژن، متانول است. متان، یک الکل تک‌کربنه بوده و در واکنش تولید متیل پروپانوات از آن استفاده می‌شود. طی این فرایند، متانول با پروپانوئیک اسید واکنش داده و متیل پروپانوات تولید می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

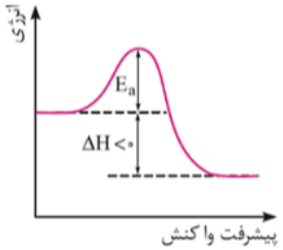
۳۴۰ معادله واکنش فتوسنتز و اکسایش گلوکز عکس یکدیگر هستند. معادله واکنش اکسایش گلوکز به صورت زیر است:

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$$

واکنش اکسایش گلوکز گرماده است و مقدار ΔH آن برابر آنتالپی سوختن گلوکز در دمای $25^\circ C$ است. پس ابتدا آنتالپی واکنش را حساب می‌کنیم:

$$\text{ارزش سوختی} = \frac{|\Delta H_{\text{سوختن}}|}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow ۱۵/۶ = \frac{|\Delta H_{\text{سوختن}}|}{۱۸۰} \Rightarrow |\Delta H_{\text{سوختن}}| = ۲۸۰۸\ kJ \xRightarrow{\Delta H_{\text{سوختن}}<0} \Delta H_{\text{سوختن}} = -۲۸۰۸\ kJ$$

پس در این واکنش، فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها به اندازه ۲۸۰۸ کیلوژول اختلاف انرژی و واکنش‌دهنده‌ها و بیشترین سطح انرژی مواد در نمودار انرژی-پیشرفت نیز ۴۲/۸ کیلوژول تفاوت انرژی دارند. پس در نمودار زیر تفاوت سطح انرژی فراورده و بیشترین سطح انرژی مواد برابر ۲۸۵۰/۸ کیلوژول است:



معادله واکنش فتوسنتز نیز به صورت زیر است.

$$6CO_2(g) + 6H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g)$$

واکنش‌دهنده این واکنش، فراورده واکنش قبلی است. پس انرژی فعال‌سازی این واکنش برابر تفاوت انرژی فراورده‌های واکنش اکسایش گلوکز با بیشترین سطح انرژی مواد بوده که برابر ۲۸۵۰/۸ کیلوژول است. توجه داریم که واکنش فتوسنتز، گرماگیر بوده و مقدار انرژی فعال‌سازی آن، قطعا باید بیشتر از مقدار تغییر آنتالپی این واکنش باشد. به طور کلی می‌توان رابطه زیر را میان انرژی فعال‌سازی دو واکنش قرینه در نظر گرفت:

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

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۴۱ معادله واکنش تعادلی به صورت زیر است:

$$Q + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g)$$

اکسیژن پایدارتر از اوزون است. پس واکنش رفت در تعادل بالا گرماگیر و واکنش برگشت گرماده می‌باشد. با اضافه کردن اکسیژن به این تعادل، غلظت گاز اکسیژن در ظرف مورد نظر افزایش یافته و بر اساس اصل لوشاتلیه، تعادل برای جبران این تغییر به سمت واکنش مصرف آن یعنی واکنش رفت که گرماگیر است، پیش خواهد رفت.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) واحد(یکا) ثابت تعادل در واکنش‌های تعادلی از رابطه زیر مشخص می‌شود:

$$\Delta n = \text{مجموع ضریب فراورده‌های محلول و گازی} - \text{مجموع ضریب واکنش‌دهنده‌های محلول و گازی} \qquad (\frac{mol}{L})^{\Delta n}$$

در این واکنش، یکای ثابت تعادل معادل با لیتر بر مول($\frac{L}{mol}$) خواهد بود. مقدار ثابت تعادل این واکنش، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3} \Rightarrow K = \frac{4^2}{2^3} = \frac{16}{8} = 2\ L.mol^{-1}$$

۲) تنها عامل موثر بر ثابت تعادل واکنش‌های شیمیایی، دمای سامانه واکنش است و هیچ تغییر دیگری نمی‌تواند مقدار ثابت تعادل را تغییر دهد. به عنوان مثال، با افزایش غلظت اوزون در این تعادل، کاهش غلظت اوزون در ادامه و افزایش غلظت اکسیژن به گونه‌ای خواهد بود که در تعادل جدید نیز ثابت تعادل برابر ۲ لیتر بر مول شود.

۳) از تغییر فشار و حجم، تنها در واکنش‌هایی می‌توان برای بر هم‌زدن تعادل استفاده کرد که مجموع ضریب گازها در دو سوی معادله واکنش برابر نباشد. در این حالت، با افزایش فشار و یا کاهش حجم ظرف، واکنش در جهت تولید شمار گازهای کمتر پیش می‌رود. در این واکنش ضریب گازها در فراورده ۲ و در واکنش‌دهنده نیز برابر با ۳ است. بر این اساس، می‌توان گفت افزایش فشار، این تعادل را به سمت تولید فراورده یعنی گاز اوزون جابه‌جا می‌کند.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۴۲ فرایند انجام‌شده به صورت زیر است:

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

در رابطه با این فرایند، عبارت‌های (آ) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: با افزایش فشار در واکنش‌هایی با واکنش‌دهنده گازی، سرعت انجام واکنش افزایش می‌یابد. همچنین در تعادل‌هایی که مجموع ضرایب مواد گازی در سمت واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از سمت فراورده‌ها است، با افزایش فشار تعادل به سمت تولید فراورده(مقدار گاز کمتر) پیش خواهد رفت. پس در این تعادل با افزایش فشار، تعادل به سمت تولید گاز آمونیاک پیش خواهد رفت. در واقع با این اتفاق، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت به طور همزمان افزایش می‌یابد اما سرعت واکنش رفت بیشتر از سرعت واکنش برگشت افزایش خواهد یافت.

ب: در این فرایند در واکنش رفت عدد اکسایش نیتروژن از صفر به ۳- رسیده و این ماده، نقش اکسنده را ایفا می‌کند. همچنین عدد اکسایش هیدروژن از صفر به ۱+ رسیده و کاهنده این واکنش است. در واکنش برگشت نیز هم اکسنده(اتم‌های هیدروژن) و هم کاهنده(اتم‌های نیتروژن) گاز آمونیاک است. این تعادل در جهت رفت گرماده بوده و با افزایش دما، تعادل به سمت انجام واکنش برگشت، جابه‌جا می‌شود.

پس با افزایش دما واکنش برگشت که معادله آن به صورت زیر است، رخ خواهد داد:

$$Q + 2NH_3(g) \longrightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$$

اتم‌های هیدروژن موجود در یک مول آمونیاک با گرفتن ۳ مول الکترون از اتم نیتروژن موجود در یک مول آمونیاک، خود کاهش یافته و اتم نیتروژن را اکسایش می‌دهند.

پ: با توجه به تشکیل پیوند هیدروژنی در میان مولکول‌های آمونیاک، نیروی بین‌مولکولی در آن قوی‌تر از نیروی بین‌مولکولی گازهای هیدروژن و نیتروژن است و این ماده، نقطه جوش بالاتری دارد. پس اگر مخلوط گازی تعادلی را سرد کنیم، ابتدا آمونیاک به صورت مایع از مخلوط گازی خارج می‌شود. در واقع از همین روش برای جداسازی آمونیاک تولیدشده در تعادل استفاده می‌شود. همچنین با توجه به جرم بیشتر مولکول‌های گاز نیتروژن نسبت به گاز هیدروژن، نقطه جوش گاز نیتروژن بیشتر بوده و پس از آمونیاک، این ماده در اثر سردکردن میعان می‌شود.

ت: اضافه کردن کاتالیزگر به تعادل موجب جابه‌جایی در تعادل نشده و بر روی ثابت تعادل تاثیری ندارد. در واقع با اضافه شدن کاتالیزگر تنها سرعت انجام هر دو واکنش رفت و برگشت به یک میزان افزایش می‌یابد. اگر پیش از رسیدن به تعادل از کاتالیزگر استفاده شود، این ماده تنها زمان رسیدن به تعادل را کاهش می‌دهد و تاثیری بر غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در تعادل ندارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۴۳ واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$C(s) + H_2O(l) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$$

ثابت تعادل این واکنش از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$K = [CO] \times [H_2]$$

پس حاصل‌ضرب غلظت دو فراورده برای ثابت تعادل بوده و مقدار آن در دمای مشخص، ثابت است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) با توجه به سطح انرژی بیشتر فراورده‌ها نسبت به واکنش‌دهنده‌ها، واکنش مورد نظر گرماگیر است. در واکنش‌های گرماگیر با افزایش سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها، تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها کمتر شده و تغییر آنتالپی واکنش کوچک‌تر می‌شود. آنتالپی بخارآب از آب بیشتر بوده و اگر به جای آب در این واکنش از بخارآب استفاده شود، تغییر آنتالپی واکنش کاهش می‌یابد.

۳) در این واکنش کربن اکسایش یافته و آب کاهش یافته است. پس کربن کاهنده و آب اکسنده می‌باشد. اضافه کردن یک ماده خالص به صورت مایع یا جامد به ظرف واکنش، سرعت واکنش را تغییر نمی‌دهد؛ چون در این حالت غلظت آن ماده تغییر نمی‌کند. همچنین این اتفاق در سامانه تعادلی موجب به‌هم زدن تعادل نخواهد شد. البته این نکته را در نظر داشته باشید که اگر آب را به واکنشی با جزء محلول اضافه کنیم، غلظت ماده محلول کم شده و سرعت انجام واکنش کاهش می‌یابد و همچنین تعادل به سمت تولید آن ماده محلول جابه‌جا می‌شود.

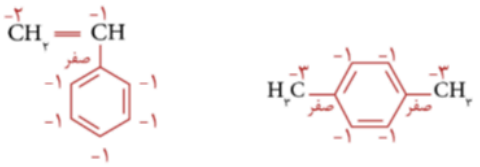
۴) گرمای مبادله‌شده از مصرف ۶ گرم کربن(معادل با نیم‌مول کربن) برابر ۸۰ کیلوژول است. پس مقدار تغییر آنتالپی این واکنش برابر ۱۶۰ کیلوژول بوده و با توجه به گرماگیر بودن واکنش، علامت تغییر آنتالپی آن مثبت است. همچنین بر اساس نمودار، تفاوت سطح انرژی فراورده و بیشترین سطح انرژی مواد(انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت) برابر ۶۰ کیلوژول می‌باشد. پس انرژی فعال‌سازی واکنش را به کمک فرمول حساب می‌کنیم:

$$\Delta H = E_a - \text{انرژی مواد بیشترین سطح و فراورده‌ها انرژی سطح تفاوت} \Longrightarrow 160 = E_a - 60 \Longrightarrow E_a = 220\ kJ$$

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۴۴ پارازایلن و استیرن، از اتصال اتم‌های کربن و هیدروژن به یکدیگر تشکیل شده‌اند، پس این دو ماده در دسته ترکیب‌های هیدروکربنی قرار می‌گیرند. پارازایلن، هیدروکربنی از نفت خام با فرمول شیمیایی C_8H_{10} است که از آن در مراحل تولید پلی‌اتیلن‌ترفتالات استفاده می‌شود. عدد اکسایش اتم‌های کربن در استیرن و پارازایلن به صورت زیر است:



پس در این دو ماده در مجموع ۱۰ اتم کربن، عدد اکسایش ۱- دارند. توجه داریم که عدد اکسایش اتم کربن در یک هیدروکربن یا بخش هیدروکربنی یک ماده آلی، برابر منفی تعداد اتم‌های هیدروژن متصل به همان اتم کربن است. حال درصد جرمی اتم کربن را در دو ماده حساب می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی } C = \frac{\text{جرم اتم‌های } C}{\text{جرم مولکول}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \begin{cases} \text{استیرن}: A = \frac{۸ \times ۱۲}{۸ \times ۱۲ + ۸} \times ۱۰۰ = \frac{۱۲}{۱۳} \times ۱۰۰ \simeq ۹۲/۳٪ \\ \text{پارازایلن}: A = \frac{۸ \times ۱۲}{۸ \times ۱۲ + ۱۰} \times ۱۰۰ = \frac{۹۶}{۱۰۶} \times ۱۰۰ \simeq ۹۰/۶٪ \end{cases}$$

تفاوت درصد جرمی کربن در این دو ماده به تقریب برابر ۱/۷ درصد است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۴۵ شکل زیر ساختار مبدل کاتالیستی خودروهای بنزینی را نشان می‌دهد:



به این قطعه سه آلاینده NO، CO و هیدروکربن نسوخته وارد شده و از آن گازهای نیتروژن، کربن دی‌اکسید، اکسیژن و بخارآب با آلایندگی کمتر خارج می‌شوند. اگر این قطعه بر سر راه گاز خارج‌شده از موتور خودروها قرار نگیرد، آلاینده‌های بیشتری از اگزوز خودروها خارج می‌شود.

جدول زیر آلاینده‌های خارج‌شده از اگزوز خودروها در صورت مصرف سوخت مناسب(سوخت بدون گوگرد) در حضور و عدم حضور مبدل کاتالیستی را نشان می‌دهد:

آلاینده		CO	C_xH_y	NO
جرم آلاینده بر حسب گرم به ازای پیمودن یک کیلومتر	در غیاب مبدل کاتالیستی	۵/۹۹	۱/۶۷	۱/۰۴
	در حضور مبدل کاتالیستی	۰/۶۱	۰/۰۷	۰/۰۴
درصد آلاینده حذف شده توسط مبدل کاتالیستی		۸۹/۸	۹۵/۸	۹۶/۲

در هر دو حالت حضور و عدم حضور مبدل کاتالیستی، ترتیب جرم آلاینده‌های خارج‌شده به صورت زیر است:

$$CO > C_xH_y > NO$$

اگر چه جرم بیشتری از کربن مونوکسید در این قطعه حذف می‌شود، اما درصد بیشتری از گاز نیتروژن مونوکسید توسط مبدل کاتالیستی به گاز نیتروژن تبدیل می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۴۶ معادله واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$CO_۲(g) + H_۲(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_۲O(g)$$

چون مجموع شمار مول‌های گازی در دو سمت معادله واکنش با هم برابر است، بجای غلظت تعادلی مواد، می‌توان مقدار مول تعادلی آن‌ها را قرار داد. ابتدا ثابت تعادل این واکنش را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{n_{CO} \times n_{H_۲O}}{n_{CO_۲} \times n_{H_۲}} \times V^{۲-۲} = \frac{n_{CO} \times n_{H_۲O}}{n_{CO_۲} \times n_{H_۲}} \Rightarrow K = \frac{۰/۱ \times ۰/۴}{۰/۲ \times ۰/۸} = \frac{۱}{۴} = ۰/۲۵$$

اگر به این تعادل x مول کربن دی‌اکسید اضافه کنیم، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و در این واکنش ۰/۲ مول گاز کربن مونواکسید تولید می‌شود، تا مقدار آن از ۰/۱ مول به ۰/۳ مول برسد. پس در این تغییر تعادل، غلظت مواد به صورت زیر تغییر خواهد کرد:

۱- گاز کربن منوکسید: مقدار آن در تعادل جدید برقرار شده برابر با ۰/۳ مول است.

۲- بخارآب: مقدار ۰/۲ مول از این ماده تولید شده و مقدار آن در تعادل جدید برقرار شده به ۰/۶ مول می‌رسد.

۳- گاز هیدروژن: مقدار ۰/۲ مول از آن مصرف شده و مقدار آن در تعادل جدید برقرار شده به ۰/۶ مول می‌رسد.

۴- گاز کربن دی‌اکسید: ابتدا x مول از این ماده به ظرف واکنش اضافه می‌شود و سپس ۰/۲ مول از آن مصرف خواهد شد. پس مقدار آن در تعادل جدید برقرار شده برابر با $x - ۰/۲ + ۰/۲ = x$ مول خواهد شد.

طی این فرایند، دمای ظرف واکنش ثابت بوده و مقدار ثابت تعادل تغییر نمی‌کند. حال بر اساس مقدار ثابت تعادل، مقدار x را بدست می‌آوریم:

$$K = \frac{n_{CO} \times n_{H_۲O}}{n_{CO_۲} \times n_{H_۲}} \Rightarrow ۰/۲۵ = \frac{۰/۳ \times ۰/۶}{x \times ۰/۶} \Rightarrow x = ۱/۲\ mol$$

پس برای رسیدن مقدار گاز CO در ظرف واکنش به ۰/۳ مول، باید ۱/۲ مول گاز کربن دی‌اکسید به ظرف واکنش وارد شود. در این حالت، مقدار ۰/۲ مول گاز کربن مونوکسید تولید شده و مقدار این ماده برابر با ۰/۳ مول می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۴۷ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: کاتالیزگرها موادی هستند که با کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها، سرعت انجام آن‌ها را افزایش می‌دهند. کاتالیزگرها در واکنش شرکت می‌کنند و مقدار آن‌ها در ابتدای واکنش کم می‌شود اما به مرور زمان، این مواد مجددا تولیدشده و مقدار آن‌ها افزایش می‌یابد تا مقدار ابتدایی و انتهایی آن‌ها در واکنش برابر شود. به همین خاطر می‌توان از کاتالیزگر بارها در انجام واکنش استفاده کرد. اگر مقدار یک ماده در ابتدا افزایش و سپس کاهش یابد، آن ماده یک حدواسط برای انجام واکنش است به گونه‌ای که در واکنش اول یک فرایند تولید و در واکنش بعدی مصرف می‌شود؛ مانند هیدرازین در فرایند هابر و گاز کربن مونواکسید در تولید متانول از متان.

ب: گرمای مبادله‌شده در یک واکنش را می‌توان معادل آنتالپی واکنش و گرمای مورد نیاز برای شروع آن را می‌توان معادل انرژی فعال‌سازی در نظر گرفت. در واکنش‌های گرماگیر، مقدار E_a از مقدار ΔH بیشتر است. اما در واکنش‌های گرماده، مقدار $|\Delta H|$ می‌تواند کوچک‌تر، برابر یا بزرگ‌تر از E_a باشد. علت این پدیده آن است که در واکنش‌های گرماگیر با توجه به مثبت بودن علامت هر ۳ پارامتر رابطه زیر، کم‌کردن یک عدد مثبت(تفاوت سطح انرژی فراورده‌ها و بیشترین سطح انرژی مواد) از عدد مثبت بزرگ‌تر(E_a) موجب کاهش مقدار حاصل(ΔH) می‌شود.

$$\Delta H = E_a - \text{تفاوت سطح انرژی فراورده‌ها و بیشترین سطح انرژی مواد}$$

پس اگر مقدار تغییر آنتالپی از مقدار انرژی فعال‌سازی بیشتر باشد، آن واکنش قطعاً گرماده است.

پ: در ساختار برخی از کاتالیزگرهای استفاده شده در واکنش‌های شیمیایی، هیچ اتمی از عناصر دسته d یافت نمی‌شود. برای مثال، کاتالیزگر واکنش اتن با آب، سولفوریک اسید است که در آن هیچ اتمی از عناصر فلزی دسته d یافت نمی‌شود.

ت: به هر اندازه که انرژی فعال‌سازی یک واکنش بزرگ‌تر باشد، آن واکنش در شرایط دشوارتر و در دماهای بالاتری انجام می‌شود و این یعنی برای تأمین شرایط مورد نیاز جهت آغازشدن آن واکنش، باید انرژی بیشتری را مصرف کنیم. بر این اساس، به هنگام استفاده از کاتالیزگرها، انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها کم‌تر شده و این واکنش‌ها در دمای کم‌تری انجام می‌شوند؛ پس برای تأمین شرایط مورد نیاز جهت آغازشدن این واکنش‌ها، انرژی کم‌تری مصرف می‌شود و این به معنای استفاده کم‌تر از سوخت‌ها است. استفاده کمتر از سوخت‌ها، کاهش میزان آلودگی هوا و کاهش میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مختلف را به دنبال دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

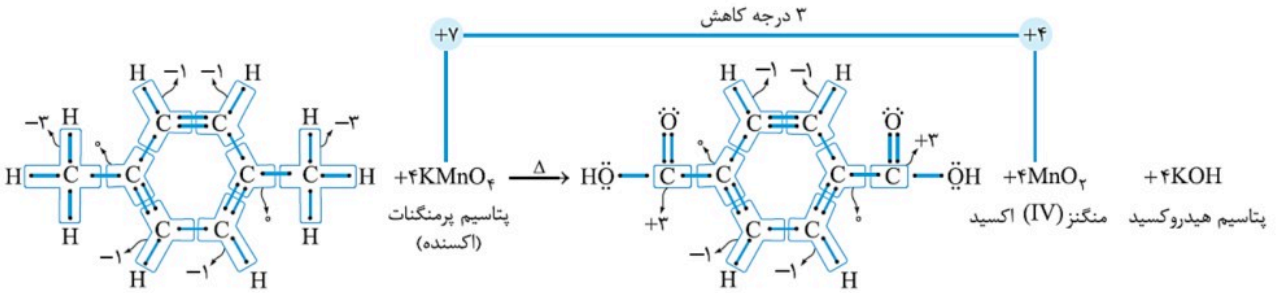
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۴۸ محلول پرمنگنات مناسب برای تولید ترفتالیک اسید از پارازایلن، غلیظ بوده و باید آن را گرم کرد، در حالی که در واکنش تولید اتیلن گلیکول از اتن، نیاز به محلول رقیق پتاسیم پرمنگنات خواهد بود. معادله این واکنش شیمیایی به صورت زیر است:



بررسی سایر گزینه‌ها:

(۱) در واکنش تولید یک مول ترفتالیک اسید از پارازایلن، عدد اکسایش دو اتم کربن از ۳- به ۳+ می‌رسد. پس در این واکنش عدد اکسایش دو کربن در مجموع ۱۲ واحد افزایش می‌یابد. اکسنده این واکنش محلول غلیظ پتاسیم پرمنگنات($KMnO_4$) است که در آن عدد اکسایش منگنز از ۷+ به ۴+ در منگنز(IV) اکسید(MnO_2) می‌رسد؛ پس تغییر عدد اکسایش منگنز به ازای تولید یک مول MnO_2 برابر ۳ است. معادله این واکنش به صورت زیر است:



با تولید یک مول ترفتالیک اسید از پارازایلن، ۱۲ الکترون میان اکسنده و کاهنده مبادله می‌شود. پس در این واکنش ۴ مول منگنز(IV) اکسید از پتاسیم پرمنگنات تولید می‌شود تا ۱۲ مول الکترون را از پارازایلن دریافت کند.

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

(۳) پلیمر به کاررفته در سرنگ، پلی‌پروپن است که از بسپارش پروپن ایجاد می‌شود. در واکنش تولید این پلیمرها(به اصطلاح پلیمرهای افزایشی) که از بسپارش مواد آلی سیرنشده(دارای پیوند دوگانه $C=C$) تولید می‌شوند، تمام اتم‌های موجود در مونومر وارد پلیمر می‌شوند. در نقطه مقابل، پلیمر به کاررفته در ساخت لباس آتش‌نشانی، کولار بوده که نوعی پلی‌آمید است. در واکنش تولید پلی‌آمیدها و پلی‌استرها(به اصطلاح پلیمرهای تراکمی) که فرایند تولید آن‌ها بر اساس برهم‌کنش شیمیایی میان گروه‌های عاملی است، برخی از اتم‌های هیدروژن و اکسیژن موجود در مونومرها به پلیمر منتقل نشده و به صورت آب به عنوان یک فراورده فرعی در می‌آیند. یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به‌صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم‌های واکنش‌دهنده به فراورده‌های سودمند تبدیل شود. پس واکنش تولید پلی‌پروپن از واکنش تولید کولار از نظر اتمی به‌صرفه‌تر است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۴۹ بر اساس اصل لوشاتلیه، هر عاملی که موجب برهم زدن یک تعادل شود، تعادل به گونه‌ای جابه‌جا می‌شود تا اثر آن تغییر را کاهش دهد. به عنوان مثال اضافه‌کردن یک ماده به تعادل، تعادل را به سمت مصرف آن ماده جابه‌جا خواهد کرد. افزایش حجم ظرف، تعادل را به سمتی می‌برد که شمار مول‌های گازی بیشتری در ظرف وجود داشته باشد. پس اگر این اتفاق، تعادلی را به سمت واکنش برگشت پیش ببرد، یعنی در معادله واکنش مجموع ضریب مواد گازی در فراورده‌ها کمتر از واکنش‌دهنده‌ها است. کاهش دما نیز تعادل را به سمت مصرف گرما و انجام واکنش گرماده می‌برد. پس اگر این عامل، موجب جابه‌جایی تعادل در جهت برگشت شود، واکنش برگشت گرماده و واکنش رفت گرماگیر است. در واکنش‌های گرماگیر، گرما مصرف‌شده و علامت آن(Q) در سمت واکنش‌دهنده‌ها حضور دارد. واکنش‌های گزینه ۲ و ۳ گرماده هستند. پس تنها واکنش‌های ۱ و ۴ را باید از نظر ضریب مواد گازی دو طرف بررسی کرد. معادله این دو واکنش شیمیایی به صورت زیر است:

$$2SO_2(g) + Q \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$$
$$2N_2(g) + O_2(g) + Q \rightleftharpoons 2N_2O(g)$$

پس واکنش مورد نظر در گزینه ۴ قرار دارد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۵۰ معادله واکنش مربوط به تعادل ایجادشده به صورت زیر است:

$$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$$

مقدار ۴۴ گرم کربن دی‌اکسید معادل یک مول از این ماده است. اگر در این تعادل $2x$ مول کربن مونوکسید تولید شده باشد، x مول کربن دی‌اکسید مصرف‌شده و مقدار آن به $1-x$ مول می‌رسد. بر اساس ثابت تعادل این واکنش داریم:

$$K = \frac{(n_{CO})^2}{n_{CO_2}} \times V^{1-2} = \frac{(n_{CO})^2}{n_{CO_2} \times V} \Rightarrow 0/4 = \frac{(2x)^2}{(1-x) \times 5} \Rightarrow 4x^2 = 2 - 2x \Rightarrow 4x^2 + 2x - 2 = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 0/5\ mol \\ x = -1\ mol \end{cases}$$

توجه داریم که x نمی‌تواند مقدار منفی داشته باشد، پس مقدار این مولفه قطعا برابر با ۰/۵ مول خواهد بود. پس در این تعادل، مقدار کربن مونوکسید برابر با یک مول و مقدار کربن دی‌اکسید برابر با ۰/۵ مول است. اگر در تعادل جدید، غلظت گاز کربن مونوکسید نصف شود، مقدار گاز کربن مونوکسید برابر با ۰/۵ مول شده و ۰/۵ مول از آن در واکنش برگشت مصرف می‌شود؛ پس ۰/۲۵ مول کربن دی‌اکسید در این واکنش تولیدشده است و مقدار کلی کربن دی‌اکسید در تعادل جدید برقرار شده، به ۰/۷۵ مول می‌رسد. حال مقدار ثابت تعادل جدید را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{(n_{CO})^2}{n_{CO_2} \times V} \Rightarrow K = \frac{(0/5)^2}{0/75 \times 5} = \frac{1}{15} \simeq 6/7 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

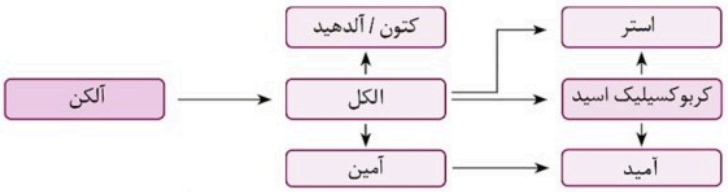
پس ثابت تعادل جدید به تقریب برابر $6/7 \times 10^{-2}$ مول بر لیتر است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

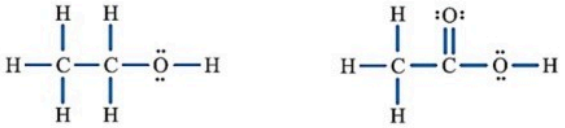
۳۵۱ عبارت‌های (آ)، (ب) و (ت) نادرست هستند.

بررسی موارد:

آ: نمودار تبدیل مواد آلی به یکدیگر به صورت زیر است:



عدد اکسایش دو اتم کربن در اتانول ۳- و ۱- بوده و در استیک اسید، عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر با ۳- و ۳+ است. ساختار مولکولی استیک اسید و اتانول به صورت زیر است:



پس در واکنش تبدیل اتانول به استیک اسید، عدد اکسایش اتم کربن متصل به اکسیژن در اتانول از ۱- به ۳+ در استیک اسید تغییر کرده و اکسایش می‌یابد. پس برای اکسایش اتانول در این واکنش، باید یک اکسنده حضور داشته باشد. توجه داریم که اتانول در این واکنش کاهنده است.

ب: افشانه بی‌حس‌کننده موضعی تولیدشده از گاز اتن، کلرواتان است که واکنش تولید آن به صورت زیر است:

$$CH_2 = CH_2(g) + HCl(g) \longrightarrow C_2H_5Cl(g)$$

این در حالی است که آهن(III) کلرید، کاتالیزگر واکنش تولید ۲،۱-دی‌کلرواتان از گاز اتن و گاز کلر است. معادله این واکنش شیمیایی به صورت زیر است:

$$CH_2 = CH_2(g) + Cl_2(g) \xrightarrow{FeCl_3} CH_2ClCH_2Cl(g)$$

پ: فروش نفت خام ساده‌ترین راه بهره‌برداری از این منبع طبیعی است. اما می‌توان با پالایش نفت خام و تبدیل آن به فراورده‌های پتروشیمیایی مانند آمونیاک، سولفوریک اسید، متانول، بنزین و ... آن را به قیمت بالاتری به فروش رساند. بر این اساس، می‌توان گفت آمونیاک و سولفوریک اسید، از جمله فراورده‌های پتروشیمیایی هستند.

ت: حلال چسب، یک استر به نام اتیل استات(اتیل اتانوات) است که از واکنش استیک اسید با اتانول تولید می‌شود. معادله این واکنش به صورت زیر است:

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

در فناوری شیمیایی، ابتدا ماده خام در اثر واکنش شیمیایی به مواد اولیه و پرکاربرد تبدیل می‌شود، سپس ماده اولیه در واکنشی دیگر شرکت کرده و به فراورده هدف(فراورده نهایی) تبدیل خواهد شد. پس در این واکنش، اگر اتیل استات فراورده هدف باشد، دو ماده اتانول و استیک اسید مواد اولیه هستند. مواد خام، موادی مانند نمک، سنگ معدن، نفت خام و هوا هستند که فراوری نشده‌اند و به طور طبیعی در طبیعت حضور دارند. پس ماده خام این فرایند را می‌توان نفت خام دانست.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۵۲ مقدار ثابت تعادل مطرح‌شده در صورت سوال می‌تواند متعلق به یکی از تعادل‌های زیر باشد:

$$۲NO_۲(g) \rightleftharpoons N_۲O_۴(g) \qquad N_۲O_۴(g) \rightleftharpoons ۲NO_۲(g)$$

چون واحد(یکا) ثابت تعادل مطرح‌شده معادل با مول بر لیتر است، پس می‌توان گفت ضریب گازها در سمت فراورده یک واحد بیشتر از واکنش‌دهنده بوده و معادله این تعادل، واکنش سمت راست است. جرم مولی گاز دی‌نیتروژن تتراکسید(۹۲ گرم بر مول) دو برابر جرم مولی گاز نیتروژن دی‌اکسید(۴۶ گرم بر مول) بوده و اگر مقدار دی‌نیتروژن تتراکسید برابر x مول باشد، مقدار نیتروژن دی‌اکسید برابر $۲x$ مول است. پس به کمک ثابت تعادل واکنش، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$K = \frac{(n_{NO_۲})^۲}{n_{N_۲O_۴}} \times V^{۱-۲} = \frac{(n_{NO_۲})^۲}{n_{N_۲O_۴} \times V} \Rightarrow ۰/۴ = \frac{(۲x)^۲}{x \times ۱۰} \Rightarrow ۴x = ۴x^۲ \Rightarrow x = ۱\ mol$$

در تعادل جدید برقرار شده در ظرف واکنش، غلظت و در نتیجه مقدار دو ماده گازی با یکدیگر برابر هستند. اگر مقدار گازها را در این حالت برابر با y مول در نظر بگیریم، داریم:

$$K = \frac{(n_{NO_۲})^۲}{n_{N_۲O_۴} \times V} \Rightarrow ۰/۴ = \frac{y^۲}{y \times ۱۰} \Rightarrow y = ۴\ mol$$

در تعادل اول، دو مول $NO_۲$ و یک مول $N_۲O_۴$ حضور دارد. در تعادل جدید برقرار شده، چهار مول از هر دو ماده حضور دارد. با اضافه کردن گاز $N_۲O_۴$ به تعادل اول، واکنش در جهت رفت پیش می‌رود. در این حالت با توجه به افزایش مقدار گاز $NO_۲$ به اندازه دو مول، می‌توان گفت یک مول گاز $N_۲O_۴$ در این واکنش مصرف‌شده است. بنابراین لحظه اضافه‌کردن گاز $N_۲O_۴$، مقدار آن ۵ مول بوده و با توجه به مقدار آن در تعادل اول، ۴ مول از این گاز به تعادل اولیه اضافه شده است. به جدول زیر در رابطه با این فرایند دقت کنید:

	$N_۲O_۴$	$NO_۲$
مقدار مول در تعادل اول	۱	۲
مقدار اضافه‌شده	$+a$	-
مقدار تغییرات	$-b$	$+۲b$
مقدار مول در تعادل دوم	$۱+a-b$	$۲+۲b$

بر این اساس، داریم:

$$۲ + ۲b = ۴ \Rightarrow b = ۱$$
$$۱ + a - b = ۴ \xrightarrow{b=۱} a = ۴\ mol$$

بنابراین به تعادل اولیه، مقدار ۴ مول گاز $N_۲O_۴$ اضافه‌شده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۵۳ معادله تعادل مورد نظر به صورت زیر است:

$$۲A(s) + B(g) \rightleftharpoons C(l) + D(g)$$

در رابطه با این واکنش تعادلی، عبارت‌های (آ) و (پ) نادرست هستند.

بررسی موارد:

آ: با تغییر در مواد خالص جامد و مایع در تعادل، غلظت آن مواد تغییری نمی‌کند و به همین علت تعادل به سمتی جابه‌جا نخواهد شد. پودر کردن ماده جامد A، سطح تماس این ماده را با سایر مواد افزایش می‌دهد. با افزایش سطح تماس این ماده با سایر مواد، تعادل سریع‌تر برقرار می‌شود اما این فرایند تاثیری بر مقدار ثابت تعادل، جابه‌جایی تعادل، مقدار تغییر آنتالپی واکنش و ... ندارد.

ب: با کاهش حجم ظرف واکنش، غلظت گازها افزایش می‌یابد و هم سرعت واکنش رفت و هم سرعت واکنش برگشت با توجه به حضور مواد گازی در دو سمت معادله افزایش خواهد یافت. با توجه به برابر بودن ضریب گازها در دو سمت معادله، کاهش حجم تاثیری بر تعادل نداشته و تنها سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت را به مقدار برابر افزایش می‌دهد.

پ: با اضافه کردن ماده D به ظرف، ابتدا سرعت واکنش برگشت با توجه افزایش غلظت این گاز افزایش می‌یابد و سپس با مصرف و کاهش غلظت آن، سرعت کم می‌شود. البته چون تعادل به طور کامل نمی‌تواند اثر اضافه‌شدن ماده را برطرف کند و غلظت ماده D همچنان در تعادل جدید بیشتر از تعادل قدیمی است، سرعت واکنش برگشت در تعادل جدید بیشتر از سرعت این واکنش در تعادل قبلی است. همچنین در این حالت چون تعادل به سمت تولید واکنش‌دهنده‌ها و افزایش غلظت گاز B می‌رود، تا رسیدن به تعادل جدید سرعت واکنش رفت افزایش می‌یابد.

ت: با خارج کردن B از ظرف واکنش، تعادل به سمت تولید آن جابه‌جا می‌شود. پس در ابتدا سرعت واکنش رفت به علت کاهش غلظت B کاهش و سپس با رفتن تعادل به سمت تولید این ماده و افزایش مجدد غلظت B، سرعت واکنش رفت افزایش می‌یابد؛ اما به سرعت واکنش به پیش از زمان خروج آن نمی‌رسد و از آن کمتر است. همچنین سرعت واکنش برگشت نیز به تدریج با انجام‌گرفتن آن و کاهش غلظت گاز D، کم می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۵۴ تعادل ایجادشده در ظرف نگهداری این ماده به صورت زیر است:

$$Ag_۲CO_۳(s) \rightleftharpoons Ag_۲O(s) + CO_۲(g), K = ۲ \times ۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱}$$

عبارت ثابت تعادل این واکنش به صورت زیر است:

$$K = [CO_۲]$$

پس غلظت کربن دی‌اکسید در این تعادل برابر ۰/۰۰۰۲ مول بر لیتر خواهد بود. اگر مقدار کربن دی‌اکسید در ظرف واکنش از این مقدار کمتر باشد، واکنش در جهت تولید گاز کربن دی‌اکسید پیش خواهد رفت و نقره کربنات مصرف خواهد شد. اگر غلظت کربن دی‌اکسید برابر ۰/۰۰۰۲ مول بر لیتر باشد، تعادل برقرار شده و تغییر جرم مواد رخ نخواهد داد. حال غلظت کربن دی‌اکسید را به ppm تبدیل می‌کنیم. برای این منظور، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$C = \frac{ppm \times d}{۱۰۰۰M}$$

در این رابطه، مولفه C غلظت مولی(بر حسب مول بر لیتر)، ppm غلظت بر حسب ppm، مولفه d چگالی محلول(بر حسب گرم بر میلی‌لیتر) و مولفه M نیز جرم مولی حل‌شونده(بر حسب گرم بر مول) است. در اطلاعات مساله هر لیتر هوا ۱/۲۵ گرم جرم داشته و چگالی آن بر حسب گرم بر لیتر برابر ۱/۲۵ و بر حسب گرم بر میلی‌لیتر برابر $۱/۲۵ \times ۱۰^{-۳}$ است.

بر این اساس، داریم:

$$C = \frac{ppm \times d}{۱۰۰۰M} \Rightarrow ۰/۰۰۰۲ = \frac{ppm \times ۱/۲۵ \times ۱۰^{-۳}}{۱۰۰۰ \times ۴۴} \Rightarrow ppm = \frac{۱۰۰۰ \times ۴۴ \times ۰/۰۰۰۲}{۱/۲۵ \times ۱۰^{-۳}} = \frac{۸۸۰۰}{۱/۲۵} = ۷۰۴۰\ ppm$$

پس غلظت این گاز در محفظه نگهداری حداقل باید ppm ۷۰۴۰ باشد.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۵۵ معادله واکنش مربوط به تعادل مورد نظر، در شرایط اتاق(دمای ۲۵ درجه سلسیوس) به صورت زیر است:

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

این واکنش گرماگیر بوده و علامت تغییر آنتالپی آن مثبت است. البته اگر در این واکنش به جای ید جامد، ید گازی قرار گیرد، واکنش گرماده خواهد شد. پس این تعادل در جهت رفت گرماگیر بوده و با کاهش دما واکنش به سمت برگشت جابه‌جا می‌شود. در این حالت درصد پیشرفت واکنش کاهش یافته و درصد حجمی گاز هیدروژن یدید در ظرف واکنش کاهش می‌یابد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) افزایش دما در تعادل موجب جابه‌جایی تعادل به سمت واکنش گرماگیر می‌شود. در این حالت از آن جا که سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد، برای آن که تعادل به سمت واکنش گرماگیر متمایل شود، باید افزایش سرعت واکنش گرماگیر بیشتر باشد. همچنین کاهش دما در تعادل موجب رفتن تعادل به سمت واکنش گرماده می‌شود. کاهش دما سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت را کاهش می‌دهد. اما سرعت واکنش گرماگیر را بیشتر از واکنش گرماده کاهش می‌دهد، تا سرعت واکنش گرماگیر کمتر از واکنش گرماده شود و تعادل به سمت واکنش گرماده باشد. پس به طور کلی در یک سامانه تعادلی تغییر دما تاثیر بیشتری بر سرعت واکنش گرماگیر دارد. در این تعادل نیز واکنش رفت گرماگیر است.

۲) با افزایش فشار بر سامانه واکنش، تعادل به سمتی می‌رود که ضریب مواد گازی آن کمتر باشد، پس در این حالت تعادل به سمت انجام واکنش برگشت می‌رود. در واکنش برگشت، گاز هیدروژن یدید مصرف خواهد شد.

۳) کاهش حجم واکنش، موجب افزایش غلظت هر دو گاز موجود در تعادل(گازهای هیدروژن و هیدروژن یدید) خواهد شد. مطابق اصل لوشاتلیه، این تغییر تعادل را به سمت تولید گاز هیدروژن برده و غلظت آن را بیشتر نیز افزایش می‌دهد. پس در تعادل جدید غلظت گاز هیدروژن بیشتر بوده و سرعت واکنش رفت بیشتر از تعادل قبل بوده و با توجه به برابر بودن سرعت واکنش رفت و برگشت در سامانه تعادلی، می‌توان گفت سرعت واکنش رفت و برگشت در تعادل جدید بیشتر از تعادل قبلی است. توجه داریم که کاهش حجم ظرف واکنش، با توجه به حضور همزمان ماده گازی در دو طرف معادله واکنش مورد نظر، سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت را افزایش می‌دهد؛ اما افزایش سرعت واکنش برگشت بیشتر بوده و تعادل به سمت انجام آن و در نتیجه کاهش شمار مولکول‌های گازی پیش می‌رود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۵۶ معادله موازنه‌شده این تعادل به صورت زیر است:

$$4HCl(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2H_2O(l) + 2Cl_2(g)$$

توجه داریم که H_2O تولید شده در این واکنش، حالت مایع داشته و در رابطه ثابت تعادل، مقدار غلظت آن را ذکر نمی‌کنیم. ابتدا مقدار مواد گازی موجود در تعادل را حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\,HCl = 292\,g\,HCl \times \frac{1\,mol\,HCl}{36/5\,g\,HCl} = 8\,mol \qquad ?\,mol\,O_2 = 48\,g\,O_2 \times \frac{1\,mol\,O_2}{32\,g\,O_2} = 1/5\,mol$$

$$?\,mol\,Cl_2 = 284\,g\,Cl_2 \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{71\,g\,Cl_2} = 4\,mol$$

از ثابت تعادل این واکنش داریم:

$$K = \frac{(n_{Cl_2})^2}{(n_{HCl})^4 \times n_{O_2}} \times V^{5-2} = \frac{(n_{Cl_2})^2}{(n_{HCl})^4 \times n_{O_2}} \times V^3 \Rightarrow 4/5 = \frac{(4)^2}{8^4 \times 1/5} \times V^3 \Rightarrow V^3 = \frac{9}{2} \times \frac{2^{12} \times 1/5}{2^4} = 9 \times 3 \times 2^6$$

$$\Rightarrow V = 3 \times 2^2 = 12\,L$$

پس حجم ظرف این تعادل برابر با ۱۲ لیتر است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۵۷ معادله واکنش مربوط به تعادل ایجادشده، به صورت زیر است:

$$H_۲(g) + Br_۲(g) \rightleftharpoons ۲HBr(g)$$

چون مقدار اولیه هیدروژن و برم موجود در ظرف واکنش با هم برابر است، مقدار تعادلی آن‌ها نیز برابر می‌باشد. پس در مخلوط تعادل که ۶۰ درصد حجم آن را گاز هیدروژن برمید تشکیل می‌دهد، درصد حجمی هر گاز دیگر برابر با ۲۰ درصد خواهد بود. با توجه به قانون گازها، نسبت حجمی گازها در شرایط مشابه، برابر نسبت مولی آن‌ها است. بر این اساس، می‌توان گفت نسبت مولی گاز هیدروژن برمید به هریک از گازهای هیدروژن و یا برم، برابر ۳ خواهد بود. بر این اساس مقدار ثابت تعادل واکنش را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{[HBr]^۲}{[H_۲] \times [Br_۲]} = \frac{(\frac{n_{HBr}}{V})^۲}{\frac{n_{H_۲}}{V} \times \frac{n_{Br_۲}}{V}} \xrightarrow{n_{H_۲}=n_{Br_۲}} K = \frac{(\frac{n_{HBr}}{V})^۲}{(\frac{n_{H_۲}}{V})^۲} = (\frac{n_{HBr}}{n_{H_۲}})^۲ \Rightarrow K = ۳^۲ = ۹$$

پس ثابت تعادل این واکنش برابر ۹ است. درصد پیشرفت واکنش به معنای درصد واکنش‌دهنده‌هایی است که به فراورده تبدیل شده‌اند. در این واکنش اگر ۶۰ مول فراورده تولیدشده باشد، به معنای مصرف ۳۰ مول از هر یک از واکنش‌دهنده‌ها است. همچنین در حالت تعادل، مقدار ۲۰ مول از هر یک از عناصر وجود دارد. بر این اساس، درصد پیشرفت واکنش را به هنگام رسیدن به تعادل بدست می‌آوریم:

$$\text{درصد پیشرفت} = \frac{\text{مقدار واکنش‌دهنده مصرف‌شده}}{\text{مقدار کل واکنش‌دهنده}} \times ۱۰۰ \Rightarrow P = \frac{۳۰}{۵۰} \times ۱۰۰ = ۶۰٪$$

پس این واکنش تا لحظه رسیدن به تعادل، به اندازه ۶۰ درصد پیشرفت کرده است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۵۸ واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$CO_۲(g) + ۲H_۲O(l) \rightleftharpoons HCO_۳^-(aq) + H_۳O^+(aq)$$

فرایند انحلال گازها در آب گرماده بوده و به همین علت با افزایش دما، انحلال‌پذیری گازها در آب کاهش می‌یابد. عبارت‌های (آ) و (پ) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: با افزایش دما، این تعادل در جهت برگشت پیش می‌رود. در این حالت یون هیدرونیوم موجود در محلول مصرف‌شده و غلظت آن کاهش می‌یابد. کاهش غلظت یون هیدرونیوم، pH محلول را افزایش می‌دهد.

ت: با دو برابرشدن فشار، واکنش در جهت شمار مول‌های گازی کمتر پیش می‌رود؛ پس در این واکنش با افزایش فشار، واکنش در جهت رفت و تولید یون هیدرونیوم پیش می‌رود. در این حالت با تولید یون هیدرونیوم و افزایش غلظت آن، pH کاهش خواهد یافت.

ب: جوش شیرین یا همان سدیم هیدروژن کربنات، حاوی یون‌های هیدروژن کربنات($HCO_۳^-$) است و به هنگام حل‌شدن در آب، غلظت این یون را افزایش می‌دهد. با افزایش غلظت این یون، واکنش در جهت مصرف آن و به سمت واکنش برگشت جابه‌جا می‌شود. در این حالت، گاز کربن دی‌اکسید تولیدشده و از محلول خارج خواهد شد.

پ: محلول شیشه‌پاک‌کن، محلولی بازی از آمونیاک است. با حل شدن گاز کربن دی‌اکسید در این محلول، یون‌های هیدرونیوم تولیدشده در این واکنش و یون‌های هیدروکسید موجود در محلول با یکدیگر خنثی می‌شوند. در این حالت غلظت یون هیدرونیوم کاهش یافته و موجب جابه‌جایی تعادل به سمت واکنش تولید آن(واکنش رفت) و افزایش گاز کربن دی‌اکسید حل‌شده در محلول می‌شود.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۵۹ عبارت‌های (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی موارد:

آ: شرایط بهینه انجام فرایند هابر، دمای ۴۵۰°C و فشار ۲۰۰ اتمسفر خواهد بود. فشار در این حالت ۲۰۰ برابر فشار حالت استاندارد و دما به تقریب ۳ برابر دما در حالت استاندارد(STP) است. فشار و دما به ترتیب با حجم گاز رابطه عکس و مستقیم دارد. پس حجم یک مول گاز در این شرایط بسیار کمتر از حجم مولی گازها در شرایط استاندارد است. در واقع در شرایط واکنش، هر مول گاز $\frac{۳}{۲۰۰}$ حالت استاندارد حجم دارد.

ب: معادله واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$O_۲(g) + NO(g) \rightleftharpoons O_۲(g) + NO_۲(g)$$

در این واکنش، مجموع ضریب گازها در فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها یکسان و برابر ۲ است. بر این اساس، می‌توان گفت تغییر حجم ظرف واکنش و همچنین تغییر فشار، تاثیری بر جابه‌جایی تعادل نمی‌گذارند.

پ: گیاهان نمی‌توانند نیتروژن مورد نیاز خود را به صورت مستقیم از هوا بگیرند و باید این عنصر ضروری را در قالب ترکیباتی مانند اوره و آمونیاک به عنوان کود دریافت کنند. در این دو ترکیب، عدد اکسایش نیتروژن ۳- بوده و نیتروژن در این ترکیب‌ها کاهش‌یافته است.

ت: مطابق اصل لوشاتلیه، به هنگام تغییر در یک تعادل، تعادل به سمتی جابه‌جا می‌شوند تا حد امکان از تاثیر آن تغییر کم کند و در اکثر مواقع نمی‌تواند تغییر را به طور کامل جبران کند. یکی از استثناهای این قضیه، واکنش تعادلی $CaCO_۳(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_۲(g)$ و سایر واکنش‌هایی است که در آن‌ها فقط یک جزء گازی وجود داشته و سایر مواد به حالت جامد هستند. در واقع، مقدار ثابت تعادل واکنش $CaCO_۳(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_۲(g)$، برابر غلظت گاز کربن دی‌اکسید($K = [CO_۲]$) بوده با تغییر غلظت به هر علتی، گاز کربن دی‌اکسید به همان غلظت باز می‌گردد. به عنوان مثال اگر تغییر، دو برابرکردن حجم ظرف باشد، در تعادل جدید و قدیمی غلظت گاز کربن دی‌اکسید یکسان بوده و با توجه به دو برابر بودن حجم ظرف در تعادل جدید، مقدار گاز کربن دی‌اکسید موجود در ظرف تعادل جدید دو برابر مقدار این گاز در تعادل قدیمی است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۶۰ واکنش انجام‌شده به صورت زیر است:

$$Mg(OH)_۲(s) \longrightarrow Mg^{۲+}(aq) + ۲OH^-(aq), K = ۳/۲ \times ۱۰^{-۱۱}\ mol^۲.L^{-۲}$$

ابتدا مقدار منیزیم هیدروکسیدی را که در آب حل می‌شود، محاسبه می‌کنیم. در این حالت غلظت یون هیدروکسید دو برابر غلظت یون منیزیم خواهد بود. بر این اساس، داریم:

$$K = [Mg^{۲+}] \times [OH^-]^۲ \xrightarrow{[OH^-]=۲[Mg^{۲+}]} ۳/۲ \times ۱۰^{-۱۱} = [Mg^{۲+}] \times (۲[Mg^{۲+}])^۲ \Rightarrow ۳۲ \times ۱۰^{-۱۲} = ۴[Mg^{۲+}]^۳$$
$$[Mg^{۲+}]^۳ = ۸ \times ۱۰^{-۱۲} \Rightarrow [Mg^{۲+}] = ۲ \times ۱۰^{-۴}\ mol.L^{-۱}$$

پس در ۱۰۰۰ گرم آب خالص(معادل یک لیتر)، ۲×۱۰^{-۴} مول $Mg(OH)_۲$ حل خواهد شد. در این حالت، غلظت $Mg^{۲+}$ در محلول به ۲×۱۰^{-۴} مولار می‌رسد. اگر pH محلولی برابر ۱۱/۳ باشد، غلظت یون هیدروکسید در آن برابر است با:

$$[OH^-] = ۱۰^{pH-۱۴} \Rightarrow [OH^-] = ۱۰^{۱۱/۳-۱۴} = ۱۰^{-۲/۷} \times ۱۰^{-۳} = ۲ \times ۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$$

مقدار یون هیدروکسید آزادشده از انحلال منیزیم هیدروکسید در مقابل یون هیدروکسید موجود در محلول بسیار اندک است، پس می‌توان از مقدار آن صرف نظر کرد. چون منبع دیگری از یون منیزیم وجود ندارد، غلظت یون منیزیم برابر غلظت منیزیم هیدروکسید حل شده در محلول مورد نظر است. پس مقدار منیزیم هیدروکسید حل‌شده در ۱۰۰۰ گرم از این محلول(معادل یک لیتر) را حساب می‌کنیم:

$$K = [Mg^{۲+}] \times [OH^-]^۲ \Rightarrow ۳/۲ \times ۱۰^{-۱۱} = [Mg^{۲+}] \times (۲ \times ۱۰^{-۳})^۲ \Rightarrow [Mg^{۲+}] = \frac{۳/۲ \times ۱۰^{-۱۱}}{۴ \times ۱۰^{-۶}} = ۸ \times ۱۰^{-۶}\ mol.L^{-۱}$$

پس در ۱۰۰۰ گرم از این محلول نیز ۸×۱۰^{-۶} مول منیزیم هیدروکسید حل می‌شود. پس نسبت مورد نظر برابر است با:

$$A = \frac{۲ \times ۱۰^{-۴}}{۸ \times ۱۰^{-۶}} = ۲۵$$

پس انحلال‌پذیری منیزیم هیدروکسید در آب خالص، ۲۵ برابر انحلال‌پذیری آن در محلولی با $pH = ۱۱/۳$ است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۶۱ آب + اتیل استات ← اتانول + استیک اسید

$$[H^+] = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۲/۴} = ۱۰^{-۳} \times (۱۰^{۰/۴})^۲ = ۴ \times ۱۰^{-۳}\ mol \cdot L^{-۱}$$

$$K_a = \frac{[H^+]^۲}{M} \Rightarrow M = \frac{۱۶ \times ۱۰^{-۶}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۵}} = ۱ mol \cdot L^{-۱}$$

$$\text{مول استیک اسید}(C_۲H_۴O_۲) = ۱ mol \cdot L^{-۱} \times ۲L = ۲ mol$$

در واکنش سنتز استر، به‌ازای مصرف هر مول اسید، یک مول استر به‌دست می‌آید:

$$\text{جرم استر}(C_۴H_۸O_۲) = ۲ mol \times ۸۸ g \cdot mol^{-۱} = ۱۷۶ g$$

$$\text{درصد جرمی استیک اسید در سرکه} = \frac{۲ mol \times ۶۰ g \cdot mol^{-۱}}{۲۰۰۰ mL \times ۱/۰۵ g \cdot mL^{-۱}} \times ۱۰۰ \simeq ٪۵/۷$$

(گزینه دو ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۶۲ بررسی نادرستی گزینه (۱): با بهره‌گیری از کاتالیزگر، انرژی فعّال‌سازی واکنش (E_a) کاهش می‌یابد ولی آنتالپی واکنش ثابت می‌ماند.

بررسی نادرستی گزینه (۲): کاتالیزگرهای انرژی فعّال‌سازی واکنش‌های رفت و برگشت را به یک اندازه (نه به یک نسبت) کاهش می‌دهند.

بررسی نادرستی گزینه (۳): در مبدّل‌های کاتالیستی در خودروهای دیزلی، آمونیاک نقش کاتالیزگر را ایفاء می‌کند، زیرا در واکنش مصرف می‌شود و در پایان واکنش دست نخورده باقی نمی‌ماند.

بررسی درستی گزینه (۴): اگر در یک واکنش $(|\Delta H|) > (|E_a|)$ باشد، واکنش مورد نظر گرماده بوده و $\Delta H < ۰$ است.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۶۳ هیچ‌کدام از موارد صحیح نمی‌باشند.

بررسی نادرستی مورد (الف): گیاهان نمی‌توانند گاز $N_۲$ را به‌طور مستقیم از هواکره جذب کنند به همین دلیل نیتروژن را به‌صورت ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک می‌افزایند.

بررسی نادرستی مورد (ب): در دمای اتاق، گازهای $N_۲$ و $H_۲$ حتّی در حضور کاتالیزگر یا جرقّه نیز با یکدیگر واکنش نمی‌دهند.

بررسی نادرستی مورد (ج): واکنش $N_۲$ و $H_۲$ تعادلی است:

$$N_۲(g) + ۳H_۲(g) \rightleftarrows ۲NH_۳(g)$$

$$K = \frac{[NH_۳]^۲}{[N_۲][H_۲]^۳}$$

بررسی نادرستی مورد (د): طبق واکنش هابر، گازهای $N_۲$ و $H_۲$ در دمای $۴۵۰^\circ C$ و فشار $۲۰۰ atm$ و در حضور کاتالیزگر Fe با یکدیگر واکنش می‌دهند.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۶۴ بررسی نادرستی گزینه (۱): با افزودن مقداری $H_۲$ به ظرف واکنش، واکنش در جهت مصرف $H_۲$ پیش می‌رود امّا نمی‌تواند به‌طور کامل اثر افزایش غلظت $H_۲$ را خنثی کند، در نتیجه $I_۲$ مصرف شده و غلظت آن کاهش یافته امّا غلظت $H_۲$ افزایش می‌یابد.

بررسی نادرستی گزینه (۲): به دلیل مساوی بودن مول‌های گازی دو طرف واکنش، تغییر حجم تأثیری بر جابه‌جایی واکنش ندارد.

بررسی نادرستی گزینه (۴): به دلیل برابر بودن مول‌های گازی دو طرف واکنش، تغییر فشار تأثیر بر جابه‌جایی واکنش ندارد. علاوه بر آن اگر هم مول‌های گازی دو طرف واکنش برابر نباشد و تغییر فشار (تغییر حجم) منجر به جابه‌جایی واکنش شود، ثابت تعادل تغییری نمی‌کند زیرا ثابت تعادل تنها تابع دماست.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۶۵ با کاهش حجم ظرف واکنش و افزایش فشار، واکنش در جهت مول‌های گازی کمتر یعنی در جهت برگشت پیش می‌رود، در نتیجه شمار مول‌های CO_2 کاهش می‌یابد امّا به دلیل این که ثابت تعادل واکنش تنها تابع دماست و با تغییر حجم، تغییری نمی‌کند و از آن‌جایی که $K = [CO_2]$ می‌باشد، در نتیجه به همان نسبت کاهش مول CO_2، حجم آن نیز کاهش یافته است تا غلظت آن ثابت بماند و ثابت تعادل تغییری نکند.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۶۶ هیچ‌کدام از موارد بالا صحیح نمی‌باشند:

بررسی نادرستی مورد (الف): $\Delta H > 0$ است در نتیجه واکنش گرماگیر است و با افزایش دمای ظرف واکنش، واکنش در جهت رفت پیش می‌رود و شمار مول‌های SO_2 افزایش می‌یابد.

بررسی نادرستی مورد (ب): با افزایش حجم ظرف واکنش (کاهش فشار) واکنش در جهت مول‌های گازی بیشتر یعنی جهت رفت پیش می‌رود و غلظت SO_3 کاهش می‌یابد، در نتیجه به دلیل ثابت ماندن ثابت تعادل، غلظت O_2 نیز کاهش می‌یابد. در واقع شمار مول‌های O_2 افزایش می‌یابد امّا تأثیر افزایش حجم ظرف بر تغییر غلظت O_2 بیشتر است و غلظت O_2 کاهش می‌یابد.

بررسی نادرستی مورد (ج): با افزودن مقدار SO_3 به ظرف واکنش، طبق اصل لوشاتلیه، واکنش در جهت مصرف SO_3 پیش می‌رود، امّا به‌طور کامل نمی‌تواند اثر افزایش غلظت SO_3 را خنثی کند در نتیجه غلظت SO_3 افزایش می‌یابد.

بررسی نادرستی مورد (د): با افزایش فشار ظرف واکنش، واکنش در جهت مول‌های گازی کمتر یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و شمار مول‌های SO_2 کاهش می‌یابد.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۶۷ واکنش تولید آمونیاک گرماده است. پس با افزایش دما در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. همچنین کاهش فشار تعادل را در جهت مجموع ضرایب گازی بیشتر یعنی جهت برگشت جابه‌جا می‌کند. بقیه موارد تعادل را در جهت رفت یعنی افزایش مقدار فرآورده جابه‌جا می‌کند.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۶۸ **بررسی موارد نادرست:**

آ) رودیم (Rh) است.

پ) در حضور کاتالیزگر انرژی فعّال‌سازی رفت و برگشت به یک میزان کم می‌شود.

ث) با توجّه به نمودار کتاب درسی انرژی فعّال‌سازی تبدیل NO به N_2 و O_2 بیشتر است.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۶۹ گاز متان را می‌توان از فضولات حیوانی (زیست گاز) و منابع زیرزمینی مثل گاز طبیعی تهیّه کرد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) $\overset{-3}{H_3C}-\overset{-3}{C_6H_4}-\overset{-3}{CH_3} + KMnOH \longrightarrow \overset{+3}{HOOC}-\overset{+3}{C_6H_4}-COOH + MnO_2 + KOH$

۲) بازده این واکنش بالاست، امّا به دلیل انرژی فعّال‌سازی نسبتاً بالا باید دما را افزایش داد که باعث کم شدن محصول می‌شود.

۳) به دلیل پیوند دوگانه کربن و اکسیژن در کربن مونوکسید انرژی فعّال‌سازی بالایی دارد.

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۷۰ ابتدا موازنه می‌کنیم (موازنه به روش اکسایش ـ کاهش سریع‌تر انجام می‌شود)

$$P_۴ + ۱۰H_۲SO_۴ \rightarrow ۴H_۳PO_۴ + ۱۰SO_۲ + ۴H_۲O$$

$$۴۹۰gr\,H_۳PO_۴ \times \frac{۱mol\,H_۳PO_۴}{۹۸gr\,H_۳PO_۴} \times \frac{۱۰mol\,H_۲SO_۴}{۴mol\,H_۳PO_۴} \times \frac{۹۸gr\,H_۲SO_۴}{۱mol\,H_۲SO_۴} \times \frac{۱۰۰}{۸۰} \times \frac{۱۰۰}{۷۵} = ۲۰۴۲$$

(مارول ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

۳۷۱ هر چهار عبارت درست است.

بررسی همه عبارت‌ها

عبارت آ اگر تعداد مول هر یک از دو گاز برابر ۴ مول باشد، با توجه به این که حجم ظرف برابر ۲ لیتر است، خواهیم داشت:

$$K = \frac{[N_۲O_۴]}{[NO_۲]^۲} = \frac{\frac{۴}{۲}}{(\frac{۴}{۲})^۲} = \frac{۱}{۲}$$

عبارت ب با توجه به گرماده بودن واکنش، با افزایش دما تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و مقدار ثابت تعادل کم‌تر می‌شود.

عبارت پ با افزایش فشار (کاهش حجم ظرف)، غلظت هر یک از گازها در تعادل جدید بیش‌تر از تعادل اولیه می‌شود، حتی اگر مقدار گاز کم‌تر شده باشد.

عبارت ت اگر در دمای ثابت، مقداری $N_۲O_۴$ وارد ظرف کنیم، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و مقداری از $N_۲O_۴$ وارد شده، به $NO_۲$ تبدیل می‌شود. بنابراین در تعادل جدید $[NO_۲]$ بیش‌تر از تعادل اولیه خواهد بود.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۷۲ $\overline{R}_{N_۲O_۵}$ دو برابر سرعت متوسط واکنش است. بنابراین:

$$\overline{R}_{N_۲O_۵} = ۲\times ۰/۰۵ = ۰/۱\ mol.min^{-۱}$$

پس در مدت ۴۰ دقیقه $۴۰\times ۰/۱$ یا ۴ مول $N_۲O_۵$ مصرف شده و ۲ مول از آن باقی می‌ماند. نتیجه می‌شود:

$$\text{غلظت مولی } NO_۲ \text{ در تعادل} = \frac{۸}{۴} = ۲\ mol.L^{-۱}$$

$$\text{غلظت مولی } O_۲ \text{ در تعادل} = \frac{۲}{۴} = ۰/۵\ mol.L^{-۱}$$

$$\text{غلظت مولی } N_۲O_۵ \text{ در تعادل} = \frac{۲}{۴} = ۰/۵\ mol.L^{-۱}$$

$$K = \frac{[NO_۲]^۴.[O_۲]}{[N_۲O_۵]^۲} = \frac{۲^۴ \times ۰/۵}{(۰/۵)^۲} = ۳۲$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۷۳ فقط عبارت سوم نادرست است.

- از طیف‌سنجی فروسرخ برای شناسایی گروه‌های عاملی استفاده می‌شود. در نتیجه طیف جذبی فروسرخ اترها با الکل متفاوت بوده و برای شناسایی آنها استفاده می‌شود.
- فقط طیف نشری خطی نتیجه انتقال الکترون‌ها از حالت برانگیخته به پایه است و این فرآیند در طیف جذبی معکوس است.

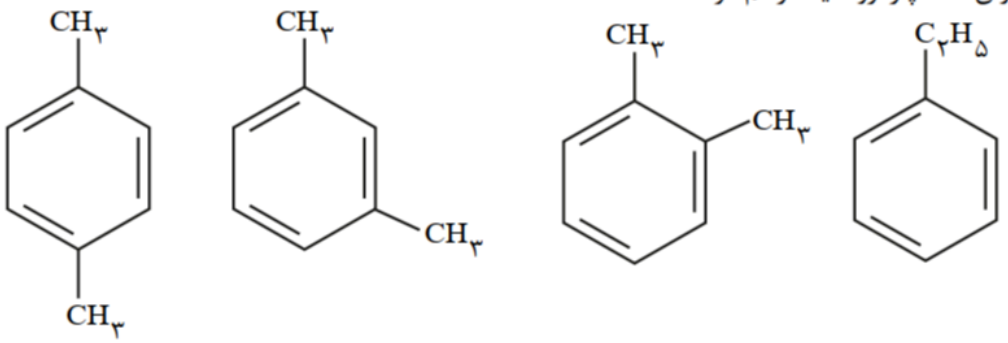
(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud

۳۷۴ این واکنش اکسایش پارازایلن و تبدیل آن به ترفتالئیک‌اسید را نشان می‌دهد. ابتدا معادله را موازنه می‌کنیم:

$$\underset{\text{کاهنده}}{\overset{-10}{C_8H_{10}}} + \underset{\text{اکسنده}}{\overset{+7}{4KMnO_4}} \longrightarrow \overset{+2}{C_8H_6O_4} + \overset{+4}{4MnO_2} + 4KOH$$

برای C_8H_{10} می‌توان ۴ همپار آروماتیک رسم کرد:



کاهنده این واکنش C_8H_{10} می‌باشد که ۱۲ واحد اکسایش یافته است (۱۲ مول الکترون مبادله کرده است.)

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۷۵ **بررسی گزینه‌ها**

گزینه ۱ کاهش حجم ظرف باعث افزایش غلظت همه گونه‌ها می‌شود ولی مول همه گازها افزایش نمی‌یابد.

گزینه ۲ این تعادل گرماگیر است و با کاهش دما هم سرعت و هم K تعادل کاهش می‌یابد.

گزینه ۳ مول گازی دو سمت معادله برابر است و افزایش فشار تأثیری بر جابه‌جایی ندارد ولی غلظت همه گازها افزایش یافته و تعادل پررنگ می‌شود (به خاطر وجود بخار یُد).

گزینه ۴ این تعادل مول گازی ندارد و ورود و خروج گاز Ar بر آن تأثیری ندارد.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۷۶ عبارت‌های (الف) و (پ) نادرست هستند.

بررسی عبارت‌های نادرست

عبارت الف کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به یک اندازه کاهش می‌دهد.

عبارت پ ΔH واکنش II برابر $c-d$ است.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۷۷ همه موارد درست بیان شده‌اند.

بررسی گزینه‌ها

مورد ۱ با توجه به ضرایب مواد غلظت‌های تعادلی درست بیان شده‌اند:

	$2N_2O_5$	$\rightleftharpoons$	$4NO_2$	+	O_2
غلظت اولیه	۵		۰		۰
تغییر غلظت	$-2x$		$+4x$		$+x$
غلظت تعادلی	$5-2x$		$4x$		x

$$\Rightarrow x = 0/4 \Rightarrow \begin{matrix}[O_2] = 0/4 \\ [NO_4] = 1/6\end{matrix} \Rightarrow [N_2O_5] = 4/2$$

مورد ۲ ابتدا N_2O_5 وارد می‌شود؛ در نتیجه سرعت رفت نزولی و سرعت برگشت صعودی است. سرعت مصرف NO_2 همان واکنش برگشت بوده و صعودی است.

مورد ۳ خروج O_2 غلظت O_2 و N_2O_5 را کاهش داده و سرعت رفت و برگشت کاهش می‌یابد.

مورد ۴ با اسپری کردن آب، N_2O_5 در آب حل‌شده و واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و K ثابت می‌ماند.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۷۸ درستی عبارت‌ها:

عبارت الف: فلز مورد نظر پتاسیم است که در صابون مایع نیز یافت می‌شود.

عبارت ب: آهن به صورت Fe_2O_3 قرمز است که در واکنش ترمیت کاربرد دارد.

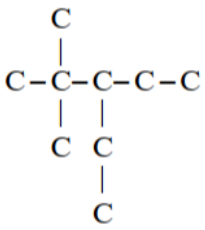
نادرستی عبارت‌ها:

عبارت پ: Cu دارای گیاه پالایی می‌باشد که آرایش آن $[_{18}Ar]3d^{10}4s^1$ می‌باشد.

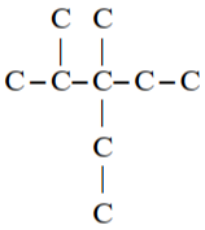
عبارت ت: در میان فلزات تنها کلاً به شکل کلوخه یا رگه‌های زرد لابه‌لای خاک یافت می‌شود.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

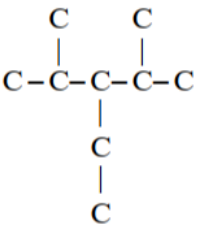
۳۷۹ عبارت‌های اول و چهارم درست است. ایزومرهای ساختاری هیدروکربن مذکور:



۳-اتیل ۲، ۲-دی‌متیل پنتان



۳-اتیل ۲، ۳-دی‌متیل پنتان



۳-اتیل ۲، ۴-دی‌متیل پنتان

توجه: شاخهٔ اتیل نمی‌تواند روی ۲ اتم کربن ابتدا و انتهای زنجیرهٔ اصلی قرار بگیرد. بنابراین a فقط ۳ می‌تواند باشد. حاصل $b+c$ می‌تواند ۴، ۵ یا ۶ باشد. (نادرستی مورد سوم)

در آلکان‌ها کربن گروه $-CH_3$ عدد اکسایش ۳- و کربن متصل به گروه‌های هیدروکربنی (C) عدد اکسایش صفر دارد. در هر ۳ آلکان ترسیم‌شده ۵ گروه متیل دیده می‌شود اما در یکی از آن‌ها گروه $-\overset{|}{C}-$ دیده نمی‌شود. (نادرستی مورد دوم)

گرانروی C_9H_{20} از C_8H_{18} (بنزین) بیشتر است. اشتعال‌پذیری C_9H_{20} از C_8H_{18} کمتر است.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸۰ مورد الف: نادرست - به دنبال افزودن گاز نجیب، فشار سامانه افزایش می‌یابد و واکنش به سمت تولید مول گازی کمتر (جهت رفت) جابه‌جا می‌شود. بنابراین $[SO_3]$ افزایش و $[SO_2]$ و $[O_2]$ کاهش می‌یابد.

مورد ب: درست - در تعادل گرماگیر، تغییرات دما و K هم‌جهت است. بنابراین تعادل $aA(g) \rightleftharpoons bB(g)$ یک تعادل گرماگیر است و علامت سمت چپ (مول گازی کمتر) قرار دارد. پس $a<b$ می‌باشد. با افزایش حجم (کاهش فشار) سامانه، تعادل به سمت مول گازی بیشتر یعنی جهت رفت جابه‌جا می‌شود و میزان تولید فراورده و بازده درصدی افزایش می‌یابد.

مورد پ: نادرست - با افزودن سدیم هیدروکسید، $[OH^-]$ افزایش می‌یابد لذا $[H^+]$ کاهش پیدا می‌کند و تعادل به سمت تولید H^+ یعنی سمت رفت جابه‌جا می‌شود. بنابراین از شدت رنگ نارنجی محلول کاسته می‌شود.

مورد ت: نادرست - در تولید آمونیاک به روش هابر افزایش فشار و کاهش دما مطابق اصل لوشاتلیه باعث پیشرفت تعادل گازی گرماده $N_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ به سمت رفت می‌شود اما به منظور تأمین انرژی فعال‌سازی بالای این واکنش ناچار به افزایش دما هستیم.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۸۱

	$N_2O_4(g)$	$\rightleftharpoons$	$2NO_2(g)$
غلظت آغازی	y		0
تغییر غلظت	$-a$		$+2a$
غلظت تعادلی	$y-a$		$2a$

مجموع غلظت تعادلی گازها $= y-a+2a=y+a$

غلظت اولیهٔ گازها $= y+0=y$

$\rightarrow$ شمار مول گاز افزوده‌شده $=5\times(y+a-y)=4$

$\rightarrow 5a=4 \rightarrow a=0/8$

$$K=\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \rightarrow 12/8=\frac{(2(0/8))^2}{y-0/8} \rightarrow y-0/8=0/2 \rightarrow y=1$$

$$x=[NO_2]-[N_2O_4]=(2\times 0/8)-(1-0/8)=1/6-0/2=1/4$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۸۲

واکنش (۱) : $\Delta H_1=[\Delta H(N\equiv N)+\Delta H(O=O)]-[2\Delta H(N=O)]=946+498-2(590)=264\,KJ \rightarrow E_{a_1}=264+280=544\,KJ$

واکنش (۲) : $\Delta H_2=[4\Delta H(N=O)+8\Delta H(N-O)]-[4\Delta H(N=O)+4\Delta H(N-O)+\Delta H(O=O)]=4\Delta H(N-O)-498$

$\Delta H_2-264=126 \rightarrow \Delta H_2=390\,KJ \rightarrow 4\Delta H(N-O)-498=390$

$\longrightarrow \Delta H(N-O)=222\,KJ.mol^{-1}$ (درستی گزینهٔ ۱)

$\rightarrow E_{a_2}=390+108=498\,KJ<E_{a_1} \longrightarrow$ سرعت واکنش (۲) بیشتر و زمان انجام آن کوتاه‌تر است.

به علاوه اختلاف انرژی فعال‌سازی این دو واکنش $46\,KJ$ است. (نادرستی گزینهٔ ۲)

گزینهٔ ۳: درست - در اثر واکنش NO_2, O_2 در حضور نور خورشید، اوزون تروپوسفری تولید می‌شود. O_3 مولکول‌های ۳ اتمی و قطبی دارد.

گزینهٔ ۴: درست - واکنش حذف NO, NO_2 در مبدل کاتالیستی خودروهای دیزلی به صورت زیر است:

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

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸۳ بررسی موراد:

مورد آ: درست

$$K=\frac{[CO][Cl_2]}{[COCl_2]}=\frac{\frac{3}{3}\times\frac{3}{3}}{\frac{3}{3}}=1\,mol.L^{-1}$$

در تعادل مشخص‌شده، مول گازها سمت واکنش‌دهنده‌ها کم‌تر است، بنابراین علامت گرما (q) سمت چپ قرار می‌گیرد و واکنش گرماگیر محسوب می‌شود.

مورد ب: درست

	$COCl_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$Cl_2(g)$	+	$CO(g)$	
مول اولیه			۰		۰	
تغییرات	$-x$		$+x$		$+x$	$\rightarrow \begin{cases} x=3 \\ A-3=3\rightarrow A=6\,mol \rightarrow \frac{3}{6}\times100=50\% \end{cases}$
مول تعادلی	۳		۳		۳	

$$\rightarrow \begin{cases} COCl_2 & =6\times99=594\,g \\ \bar{R}=\frac{3\,mol}{3\,L\times\frac{10}{60}h} & =6\,mol.L^{-1}.h^{-1} \end{cases}$$

مورد پ: نادرست - با کاهش حجم ظرف، تعادل در جهت برگشت جابجا می‌شود و از طرفی مقدار تغییر نمی‌کند.

	$COCl_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$CO(g)$	+	$Cl_2(g)$
غلظت تعادل اولیه	۱		۱		۱
غلظت تعادل جدید	$3+x$		$3-x$		$3-x$

$$\frac{(3-x)^2}{3+x}=1 \rightarrow x^2-6x+9=x+3 \rightarrow x^2-7x+6=0 \begin{cases} x=1 & \text{ق ق} \\ x=6 & \text{غ ق ق} \end{cases}$$

بنابراین غلظت گاز در تعادل جدید برابر است با:

$$[CO]=3-x=3-1=2\,mol.L^{-1}$$

مورد ت: درست - با افزودن مول برابر از همهٔ گازها به ظرف، مقدار غلظت گونه‌ها افزایش می‌یابد و تعادل به هم می‌خورد (زیرا نسبت $\frac{[CO][Cl_2]}{[COCl_2]}$ دیگر برابر K نیست) بنابراین طبق اصل لوشاتلیه، واکنش تعادلی در جهتی جابجا می‌شود که بدون تغییر K، اثر تغییر غلظت گازها را جبران نماید.

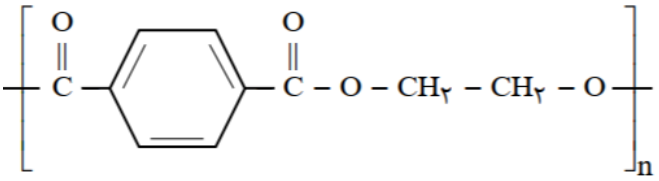
(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸۴ عبارت آ: نادرست - مطابق واکنش زیر نمی‌توان متانول را از واکنش مستقیم متان و بخار آب به دست آورد.

$$CH_4(g)+H_2O(g) \xrightarrow{۴۵۰-۵۵۰^\circ C} H_2(g)+CO(g) \xrightarrow[۳۰-۵۰atm]{\text{کاتالیزگر }/۲۵۰^\circ C} CH_3OH(l)$$

عبارت ب: درست - فرمول شیمیایی اتیلن گلیکول $C_2H_6O_2$ و فرمول شیمیایی ترفتالیک اسید $C_8H_6O_4$ است و واحد تکرارشوندهٔ PET (ساختار زیر) ۲۲ اتم دارد.



عبارت پ: نادرست - n مول ترفتالیک اسید و n مول اتیلن گلیکول واکنش می‌دهند و یک مول PET و $2n$ مول آب تولید می‌شود. واحد تکرارشوندهٔ PET ۲۸ پیوند کووالانسی دارد.

$$\frac{۷۰۰۰ \text{ پیوند}}{۲۸n\times N_A}=\frac{?\ H_2O \text{ مولکول}}{2n\times N_A} \rightarrow ?=۵۰۰ \text{ مولکول } H_2O$$

عبارت ت: درست - در تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش اتم‌های کربن دو گروه متیل $(-CH_3)$ ضمن تبدیل به گروه کربوکسیل $(-COOH)$ ۶ واحد افزایش می‌یابد. $(۲\times۶=۱۲e^-)$

$$C_8H_{10}+\underbrace{۴KMnO_4}_{\text{مادهٔ اکسنده}} \rightarrow C_8H_6O_4+۴MnO_2+۴KOH$$

عبارت ث: نادرست - چگالی کم از ویژگی‌های PET می‌باشد.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۸۵ بررسی عبارت‌های نادرست:

عبارت ب: بیشترین مقدار کاهش مربوط به $(۵/۳۸g)CO$ و بیشترین درصد کاهش مربوط به NO (حدود ۹۶٪) است.

عبارت پ: واکنش حذف NO از نوع سوختن نیست. (هر سه واکنش گرماده هستند. کاتالیزگر روی ΔH واکنش‌ها تأثیری ندارد.)

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

$$C_xH_y(g)+O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)+H_2O(g)$$

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

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸۶ این واکنش نوعی واکنش گرماده است زیرا با افزایش دما، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و در نتیجه غلظت AB کم شده است. از سویی فشار P_2 از P_1 بیشتر است، زیرا با افزایش فشار تعادل در جهت تولید AB جابه‌جا می‌شود و غلظت AB در در دمای یکسان در فشار P_2 از P_1 بیشتر است.



بررسی عبارت‌ها

عبارت اول: واکنش میان گازهای هیدروژن و ید به صورت زیر است. (ضریب فرآورده آن برابر با ۲ است.)

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

عبارت دوم: این واکنش برخلاف تبدیل اکسیژن به اوزون، گرماده است و با افزایش دما ثابت تعادل آن کم می‌شود.

عبارت سوم: درست است.

عبارت چهارم: با افزایش فشار، تعادل به سمت مول گازی کمتر می‌رود پس واکنش داده شده در جهت رفت و در فرآیند هابر نیز با افزایش فشار تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

$$A_{2(g)} + B_{(g)} \rightleftarrows AB_{(g)}$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۸۷ سه مورد از ویژگی‌های مطرح شده در مورد PET درست هستند.



بررسی گزینه‌های نادرست

پ) نادرست: PET به آسانی به مونومرهای سازنده تجزیه نمی‌شود.

ث) نادرست: مونومرهای پلیمر PET در نفت وجود ندارند.

ج) نادرست: اتیلن گلیکول یکی از مونومرهای سازنده PET است که به خوبی در آب حل می‌شود.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۸۸ **گزینه «۱» نادرست.** مطابق معادله واکنش روبه‌رو، عدد اکسایش نیتروژن کاهش می‌یابد. $2NO(g) \rightarrow N_2(g) + O_2(g)$

گزینه «۲» نادرست. طیف‌سنجی فروسرخ صحیح است.

گزینه «۳» نادرست. NO خاصیت اسیدی ندارد. زیرا به صورت مولکولی در آب حل می‌شود.

گزینه «۴» درست. براساس متن کتاب درسی، در اثر انجام واکنش زیر، به دنبال کاهش غلظت گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 در هواکره، به غلظت اوزون تروپوسفری افزوده می‌شود.

$$NO_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO(g) + O_3(g)$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۸۹ **گزینه (۱) درست:** در هر دو نوع مبدل تمام واکنش‌های انجام شده از نوع اکسایش - کاهش است.

گزینه (۲) نادرست: پلاتین در خودروهای بنزینی کاتالیزگر است اما آمونیاک در مبدل خودروهای دیزلی واکنش‌دهنده است.

گزینه (۳) نادرست: در خودروهای دیزلی انواع بیشتری از اکسیدهای نیتروژن (NO_2, NO) به گاز N_2 (جو بی‌اثر) تبدیل می‌شوند.

گزینه (۴) نادرست: در مبدل خودروی دیزلی گاز O_2 تولید نمی‌شود.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۹۰ فقط عبارت پ درست است.



بررسی سایر گزینه‌ها:

الف) نادرست - با توجه به نمودار، واکنش به صورت یکطرفه انجام می‌شود و معادله آن به صورت $A + 3C \rightarrow 2B$ است.

ب) نادرست - با توجه به ضرایب مواد در معادله واکنش، $\overline{R}(\text{واکنش}) = \overline{R}(A) = \frac{0/1\text{mol}}{2L \times 4\text{min}} = 0/0125$ است.

پ) درست - بر اساس معادله $A(g) + 3C(g) \rightarrow 2B(g)$ و نمودار داده شده درمی‌یابیم پس از ۴ دقیقه، با مصرف ۸ مول واکنش‌دهنده، ۴ مول فراورده تولید می‌شود. پس در این مدت، حجم گازهای درون ظرف نصف خواهد شد.

ت) نادرست - تا پایان دقیقه چهارم، شیب مصرف A، $\frac{-1}{2}$ شیب تولید B است و بعد از واکنش شیب تولیدمصرف همه موارد صفر می‌شود.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۹۱

$$2N_2O_5(g) \rightleftharpoons 4NO_2(g) + O_2(g)$$

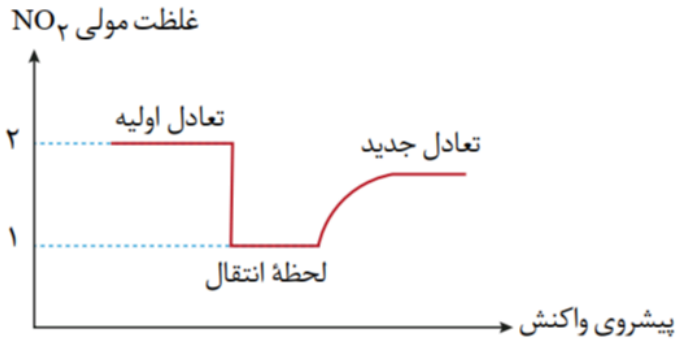
$$K = \frac{[NO_2]^4 \times [O_2]}{[N_2O_5]^2} = \frac{(4x)^4 \times x^1}{(2x)^2} = 64x^3 = 8 \rightarrow x = 0/5$$

$$\Rightarrow \begin{cases} [N_2O_5] = 1M \\ [NO_2] = 2M \\ [O_2] = 0/5M \end{cases}$$

با انتقال اجزا به ظرف با حجم ۲ برابر، بدون تغییر K، غلظت همهٔ مواد کاهش می‌یابد و ابتدا نصف می‌شود اما با توجه به پیشروی واکنش برای برقراری تعادل جدید، غلظت‌ها در تعادل جدید نصف تعادل اولیه نمی‌شود.

به عنوان مثال نمودار زیر تغییر غلظت مولی NO_2 را نشان می‌دهد:

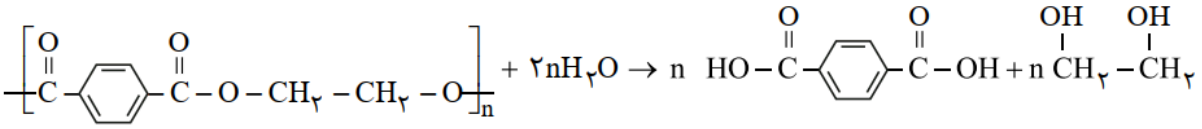
$(V \uparrow \Rightarrow P \downarrow$ واکنش در جهت رفت جابجا می‌شود)



(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۹۲ فقط مورد اول صحیح است.



الف) درست - هیدروکربن سازنده ترفتالیک اسید پارازایلن با فرمول مولکولی، C_8H_{10} است که مجموع شمار اتم‌های C و H در آن با همین مجموع در نفتالن $(C_{10}H_8)$ برابر است.

ب) نادرست - الکل چوب یا متانول در مقیاس صنعتی از گاز متان و به دو روش مستقیم یا غیر مستقیم به دست می‌آید.

پ) نادرست - فرمول اسید سازنده پلی‌اتیلن‌ترفتالات (ترفتالیک اسید) $C_8H_6O_4$ است.

ت) نادرست - به ازای n واحد تکرارشونده، شمار عامل استری آن $2n-1$ است، زیرا یک کربوسیل و یک گروه هیدروکسیل از دی‌اسید و دی‌الکل ابتدا و انتهای زنجیر پلیمر، به صورت واکنش نداده باقی می‌ماند.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۹۳ نمودار به تغییرات غلظت مولی NO_2 (واکنش دهنده) مربوط است و با توجه به آن، می‌توان نوشت:

در لحظهٔ تعادل: $[NO_2]=\frac{0/4\,mol}{2\,L}=0/2\,mol.L^{-1}$

در طول واکنش (از آغاز تا لحظهٔ برقراری تعادل)، ۰/۸ مول NO_2 مصرف شده است.

با توجه به ضرایب استوکیومتری، میزان تولید N_2O_4 نصف میزان مصرف NO_2 است.

بنابراین تعداد مول N_2O_4 در لحظه برقراری تعادل، $\frac{0/8}{2}$ یا ۰/۴ مول بوده و می‌توان نوشت:

در لحظهٔ تعادل: $[N_2O_4]=\frac{0/4}{2}=0/2\,mol.L^{-1}$

حالا می‌توان K را حساب کرد:

$$K=\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}=\frac{0/2}{(0/2)^2}=5$$

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

۳۹۴ **قسمت اول:** با توجه به داده‌های نمودار می‌توان نوشت:

$$\Delta H=-92kJ=E_a-212kJ\Rightarrow E_a=120kJ$$

قسمت دوم: با توجه به ضرایب استوکیومتری، به ازای تشکیل ۲ مول NH_3، گرمای تولید شده برابر ۹۲ کیلوژول است. پس تولید هر مول NH_3 با تولید ۴۶ کیلوژول گرما همراه است.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - متوسط)

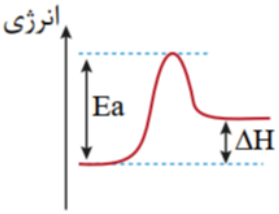
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۳۹۵ تنها عبارت درست: «ب»

توضیح همهٔ عبارت‌ها:

آ) اگر واکنش دهنده یا فراورده‌ای به حالت جامد باشد، با تغییر مقدار آن، غلظت آن دچار تغییر نمی‌شود. آنچه قطعاً درست است، این است که از آغاز واکنش تا لحظهٔ برقراری تعادل، مقدار هر یک از واکنش دهنده‌ها، کم‌تر و مقدار هر یک از فراورده‌ها بیشتر می‌شود.

ب) قطعاً همینطور است. به نمودار روبه‌رو توجه کنید:



پ) کاتالیزگر در واکنش شرکت می‌کند، اما مقدار آن تغییر نمی‌کند.

ت) هر واکنشی - چه گرماگیر باشد و چه گرماده - در دمای بالاتر، سریع‌تر انجام می‌گیرد.

ث) در تعادل جدید، مقدار O_2 قطعاً کم‌تر از از قبل است، اما غلظت مولی O_2 یعنی $[O_2]$ به دلیل کاهش حجم سامانه، بیشتر از تعادل اولیه خواهد بود.

(دیاز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - دشوار)

۳۹۶ مواد پ و ث درست است.

بررسی هر یک از مواد:

الف) به راحتی نمی‌توان متوجه حضور آلاینده‌هایی مثل CO (بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه) شد. (نادرست)

ب) واکنش $NO + O_2$ باعث تولید گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 می‌شود. (نادرست)

پ) بعد از ساعت ۱۲ با کاهش مقدار NO_2 ، O_3 و NO هم کاهش می‌یابند. (درست)

ت) بین ساعت ۸ تا ۱۰ مقدار گاز NO_2 به بیش‌ترین مقدار ممکن می‌رسد ولی در این گاز نیتروژن هشت‌تایی نیست. (نادرست)

ث) مطابق جدول کتاب درسی درست است. (درست)

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۹۷ طیف‌سنجی IR روش برای شناسایی گروه‌های عاملی می‌باشد و استرسازندهٔ بوی آناناس اتیل بوتانوآت می‌باشد که از الکل اتانول و اسید بوتانوئیک اسید تشکیل شده و ۲ گروه عاملی متفاوت دارد. پس طیف IR آن‌ها متفاوت است.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۳۹۸ ابتدا باید محاسبه کنیم چقدر گرما آزاد شده:

$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow ۱۰۰۰ \times ۴/۸ \times ۲۰ = ۹۶\,KJ$$

حالا آنتالپی واکنش در اثر تشکیل دو مدل HCl را محاسبه می‌کنیم:

$$۷۳\,g\,HCl \times \frac{۱\,mol\,HCl}{۳۶/۵\,g\,HCl} \times \frac{\Delta H}{۲\,mol\,HCl} = ۹۶\,KJ \rightarrow \Delta H : ۹۶\,KJ.mol^{-۱}$$

$$\Delta H = E_{a_{رفت}} - E_{a_{برگشت}} = -۹۶ = x - ۱۵۴ \rightarrow x = ۵۸\,KJ$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۳۹۹ کاتالیزور انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و برگشت را به یک میزان کاهش می‌دهد. از آن‌جایی که در این واکنش E_a برگشت از E_a رفت بیش‌تر است پس درصد کاهش آن کم‌تر است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) کاتالیزور، باعث کاهش یا افزایش آنتالپی واکنش نمی‌شود.

۳) کاتالیزور، سطح انرژی هیچ ماده‌ای به جز قله نمودار را کاهش نمی‌دهد.

۴) کاتالیزور، سرعت واکنش‌هایی که انجام شدنی هستند را افزایش می‌دهد.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۰۰ واکنش حذف کربن مونوکسید توسط مبدل‌های کاتالیست (کاتالیستی) به شکل زیر می‌باشد:

$$2CO + 1O_2 \rightarrow 2CO_2$$

با توجه به اطلاعات جدول داریم:

آلاینده CO توسط مبدل مصرف شده $5/99g - 0/61g = 5/38g$

$$5/38\,CO \times \frac{1\,mol\,CO}{28\,g\,CO} \times \frac{2\,mol\,CO_2}{2\,mol\,CO} \simeq 0/2\,mol\,CO_2$$

معادله واکنش حذف شدن CO_2 توسط مواد معدنی به شکل زیر می‌باشد:

$$CO_2(g) + CaO(s) \rightarrow CaCO_3(s)$$

$$0/2\,mol\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CaO}{1\,mol\,CO_2} \times \frac{56\,g\,CaO}{1\,mol\,CaO} = 11/2\,g\,CaO$$

حالا با توجه به اینکه این خودرو روزانه ۱۰۰ کیلومتر رانندگی می‌کند، در طی یک ماه می‌توان گفت:

$$11/2\,g\,CaO \times 30 \times 100 = 33600\,g \xrightarrow{\div 1000} 33/6\,kg\,CaO$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۰۱ عبارت‌های الف، ب و ث درست هستند.

بررسی هر یک از عبارات:

الف) D همان کاتالیزگر واکنش هابر است که باعث افزایش سرعت واکنش آنها می‌شود.

ب) B، گازهای N_2 و H_2 واکنش نداده است که در قسمت F وارد محفظه واکنش می‌شوند.

پ) C، محل جداسازی NH_3 از H_2 و N_2 به کمک سرد کردن مخلوط واکنش است که برای این نیازی به دمای -196° نیست؛ چراکه NH_3 به‌دلیل نیروی بین‌مولکولی قوی (پیوند هیدروژنی)، نقطه جوش بالایی دارد.

ت) مطابق اصل لوشاتلیه، افزایش دمای واکنش گرماده، باعث حرکت تعادل به سمت برگشت می‌شود.

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 + Q$$

ث) دمای واکنش هابر ۷۲۳ کلوین و فشار لازم برای این کار برابر با ۲۰۰ اتمسفر می‌باشد. در این شرایط فقط ۲۸ درصد مولی مخلوط واکنش را NH_3 که گازی ۲تایی است، تشکیل می‌دهد.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud

۴۰۲ موارد الف، ت و ث درست هستند.

بررسی هریک از موارد:

الف) افزودن OH^- باعث مصرف شدن H^+ در محصول واکنش و حرکت واکنش به سمت محصول می‌شود.

ب) واکنش I، گرماگیر است و با کاهش دمای آن مقدار O_2 (مولکول خطی) کاهش می‌یابد.

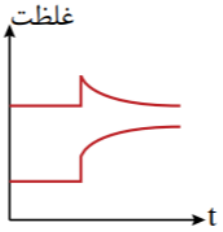
پ) افزایش دمای واکنش سامانه II، باعث بازگشت واکنش در تعادل می‌شود و مقدار H_3O^+ کاهش و pH افزایش می‌یابد.

ت) O_3 گازی مخرب در تروپوسفر است که با کاهش حجم ظرف I و افزایش فشار آن، واکنش به سمت مول گازی کمتر یعنی O_3 می‌رود و مقدار آن افزایش می‌یابد.

ث) با افزایش دما در واکنش I و II، ثابت تعادل به‌ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۰۳



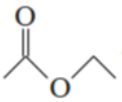
با افزودن مقداری O_2 به ظرف واکنش، تعادل به سمت مصرف مقدار اضافی O_2 حرکت می‌کند. طی آن ابتدا غلظت دیگر گازها به‌دلیل اضافه شدن گازی دیگر افزایش یک‌باره دارد ولی پس از آن غلظت N_2O_3 کاهش و مقدار گاز N_2O_5 افزایش می‌یابد. با توجه به بیش‌تر بودن غلظت اولیهٔ N_2O_3، گزینه دوم صحیح می‌باشد.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۰۴ به‌جز مورد دوم بقیه موارد درست هستند.

با توجه به واکنش داده شده A همان گاز اتن می‌باشد که در واکنش با آب، اتانول تولید می‌شود (C). حال اتانول در واکنش با اتانوئیک‌اسید، اتیل‌استات یا همان حلال چسب را تولید می‌کند.

$A(g): C_2H_4(g)$ $\quad$ $C: C_2H_6O$ $\quad$ B: اتیل‌استات



بررسی هریک از موارد:

A دارای پیوند دوگانه کربن کربن می‌باشد که یعنی با Br_2 می‌تواند واکنش دهد و رنگ آن را کاهش دهد.

واکنش اسید و الکل‌ها از نوع اسید باز نیست چراکه الکل‌ها خاصیت بازی ندارند.

واکنش اسید و الکل، استر و آب تولید می‌کند که آب همان واکنش‌دهنده با اتن می‌باشد.

نیروی بین‌مولکولی اسیدها و الکل‌ها برخلاف استرها، از نوع پیوند هیدروژنی می‌باشد.

PET و B هر دو دارای گروه عاملی استری هستند، پس می‌توان طیف فروسرخ مشابهی را برای آنها متصور شد.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۰۵ اصطلاح خام‌فروشی برای صنایعی مثل معدن، سوخت فسیلی و صنایع کشاورزی و ... به‌کار برد.

در شیمی آلی، سنتز مولکول‌های با گروه‌های عاملی بیش‌تر، دشوارتر می‌باشد.

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۰۶ اگر در واکنش تولید ترفتالیک‌اسید از ۸۰ گرم O_2 استفاده کنیم، داریم:

$$1C_8H_{10} + 3O_2 \rightarrow 1C_8H_6O_4 + 2H_2O$$

$$80\,g\,O_2 \times \frac{1\,mol\,O_2}{32\,g\,O_2} \times \frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{3\,mol\,O_2} \times \frac{166\,g\,C_8H_6O_4}{1\,mol\,C_8H_6O_4} \times \frac{30}{100} = 41/5\,g \text{ محصول}$$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۴۰۷ موارد الف، پ و ت درست هستند.

بررسی هریک از موارد:

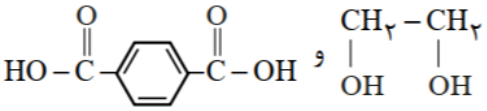
الف) درست.

ب) نادرست، گاهی محصولات می‌توانند موادی مضر برای محیط‌زیست باشند.

پ) درست.

ت) درست.

ث) نادرست، دی‌اسید و دی‌الکل سازنده PET به‌صورت زیر می‌باشد:



و

$\rightarrow$ تفاوت جرم مولی : $166 - 62 = 104\,g.mol^{-1}$

(دیاز ۱۴۰۳-۱۴۰۴ - دشوار)

۴۰۸ معادله واکنش انجام شده به صورت زیر است:

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

تعادل با ورود مقداری از گاز هیدروژن و بخار ید به یک ظرف برقرار شده است، پس می‌توان گفت از ابتدای کار تا لحظه برقراری تعادل، اگر غلظت هریک از گازهای هیدروژن و ید به اندازه x مول بر لیتر کاهش پیدا کند، غلظت گاز هیدروژن یدید باید به اندازه $2x$ مول بر لیتر افزایش پیدا کند. به عبارت دیگر، میزان تغییر غلظت گاز هیدروژن یدید باید ۲ برابر میزان تغییر غلظت هریک از واکنش‌دهنده‌ها باشد. تنها نموداری که در آن نسبت تغییر غلظت مواد به درستی نشان داده شده است، نمودار موجود در گزینه ۳ است.

(ماز ۱۴۰۲-۱۴۰۳ - ساده)

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir