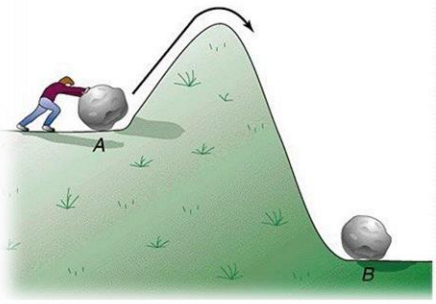
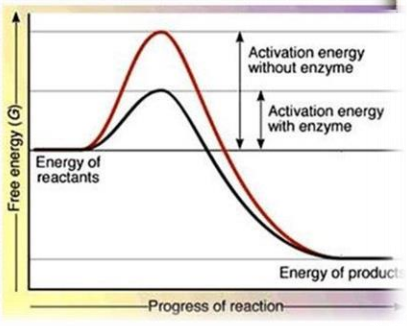
شیمی ۳

فصل ۴

شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر



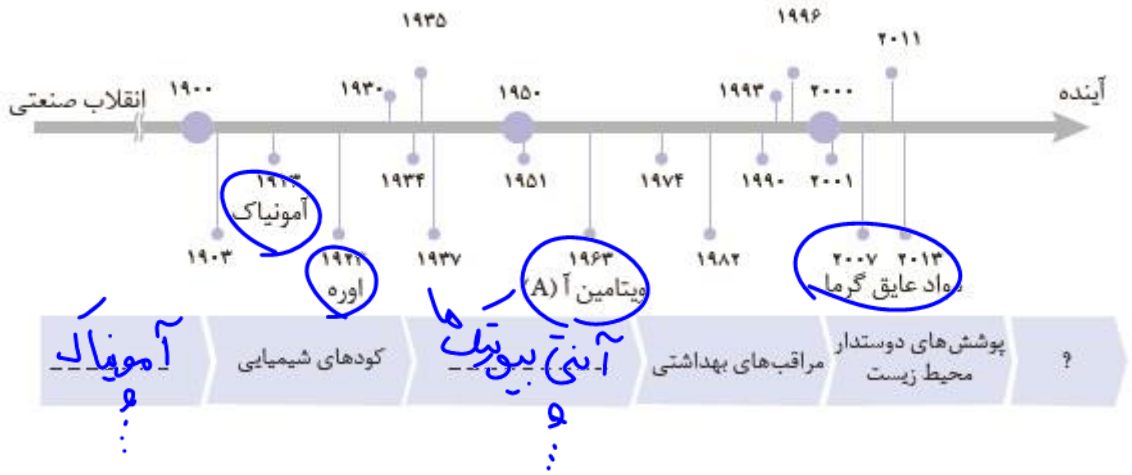




استاد : دکتر حسن پلوئی

در این فصل با برخی از دستاوردهای شیمی برای کاهش آلودگی هوا، افزایش فرآورده‌های کشاورزی و افزایش بهره‌وری منابع شیمیایی آشنا می‌شویم.

۱- چند نمونه فرآورده‌ی حاصل از فناوری‌های شیمیایی در علم شیمی بعد از انقلاب صنعتی:



۲- از دیگر فناوری ها و دستاوردهای شیمی و علوم تجربی و کاربرد آن‌ها:



فناوری تصفیه آب، مانع گسترش بیماری‌هایی از جمله و با در جهان شده است.



فناوری تولید پلاستیک، صنعت پوشاک و صنعت بسته‌بندی (غذا، دارو و ...) را دگرگون ساخت.



فناوری شناسایی و تولید مواد بی‌حس کننده و آنتی‌بیوتیک، راه را برای جراحی‌های گوناگون هموار کرد.



فناوری‌های شناسایی و تولید کودهای شیمیایی مناسب، نقش چشمگیری در تأمین غذای جمعیت جهان دارد.



فناوری تولید بنزین به حمل‌ونقل سرعت بخشید و مبدل‌های کاتالیستی آلودگی ناشی از مصرف آن را کاهش داد.



گسترش فناوری صفحه‌های نمایشگر در وسایل الکترونیک، مدیون دانش شیمی است.

Dr. Hasan Pelvi

آلاینده‌های هوا

۱- هوای پاک بی رنگ می‌باشد (هرچند آسمان به رنگ آبی کم رنگ یا فیروزه ای است)، اما به دلیل وجود دو آلاینده ی «ذرات معلق» و «NO_2» که رنگ قهوه ای دارد شفافیت خود را از دست می‌دهد. اکثر آلاینده‌ها هم بی رنگ هستند ، که در صنایع یا خودرو ها تولید می شوند .

۲- آلاینده های هوا و خودروها: ذره های معلق، مواد آلی فرار، SO_2 ، CO، NO، NO_2 و O_3

۳- به دلیل وجود این آلاینده‌ها، هوای آلوده بوی بد داشته و فرسودگی ساختمان‌ها خودروها تسریع شده و احتمال ایجاد و تشدید بیماری های تنفسی (آسم، برونشیت، سرطان ریه) افزایش می‌یابد.

گاز SO_2

۱- در اثر سوختن سوخت های فسیلی، گوگرد موجود در آن‌ها تبدیل به این گاز می‌شود.

$$2S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)}$$

۲- این گاز بی رنگ و بوی تند داشته سبب بیماری های تنفسی و سرطان ریه می‌شود.

۳- از واکنش این گاز و نیز اکسیدهای نیتروژن با آب، اسید تولید شده در نتیجه باعث ایجاد باران اسیدی می‌شود.

۴- برای کاهش ورود این گار به هوا کره می‌توان گوگرد موجود بنزین و گازوئیل یا زغال سنگ را جدا کرد و یا در راه خروج این گاز از اگزوز خودرو یا دودکش صنایع $CaO_{(s)}$ یا $MgO_{(s)}$ قرار داد:

$$\boldsymbol{CaO_{(s)} + SO_{2(g)} \longrightarrow CaSO_{3(s)}}$$ ☑

ترکیبات آلی فرار یا هیدروکربن های نسوخته (C_xH_y)

۱- مقداری از بنزین خودروها به صورت سوخته نشده از اگزوز خارج می‌شود $\boldsymbol{(C_xH_y)}$

۲- برای کاهش مقدار هیدروکربن های نسوخته، در اگزوز خودروها می‌توان مبدل کاتالیستی قرار داد تا قبل از ورود آن‌ها به هوا کره، با اکسیژن بسوزند:

$$\boldsymbol{C_xH_y + (x + \frac{y}{4})O_2 \xrightarrow{\text{مبدل کاتالیستی}} xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O}$$ ☑

۳- کاتالیزگرها شامل: پلاتین (pt)، پالادیوم (pd) و رودیم (Rh) هستند.

گاز CO

۱- گاز کربن مونوکسید در اثر سوختن ناقص بنزین تولید می‌شود.

$$C_xH_y + (\frac{x}{2} + \frac{y}{4})O_2 \longrightarrow xCO + \frac{y}{2}H_2O$$

۲- این گاز بی رنگ بو و بی بو اما بسیار سمی است.

۳- برای کاهش مقدار این گاز نیز می‌توان از مبدل کاتالیستی استفاده کرد تا این گاز بطور کامل با اکسیژن واکنش داده و تبدیل به کربن دی اکسید شود.

$$\boldsymbol{2CO_{(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\text{مبدل کاتالیستی}} 2CO_{2(g)}}$$ ☑

سه گاز NO، NO_2 و O_3

۱- این گاز در سه واکنش متوالی از اکسایش N_2 در موتور خودرو تولید می‌شوند همانگونه که در دمای بالای رعد و برق نیز تولید می‌شوند:

مرحله ۱:

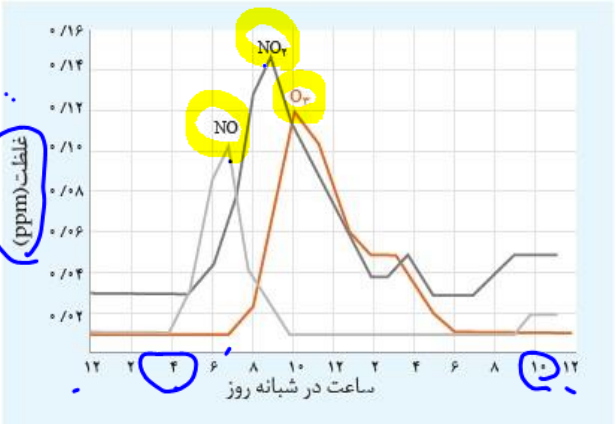
$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow[\text{و یا رعد و برق}]{\text{دمای بالای خودرو}} 2NO_{(g)}$$

مرحله ۲:

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\text{در هوا کره}} 2NO_{2(g)}$$

مرحله ۳:

$$NO_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\text{به کمک نور خورشید}} NO_{(g)} + O_{3(g)}$$



۲- NO و O_3 بی رنگ اما NO_2 قهوه ای رنگ می‌باشد. NO_2 نیز همانند SO_2 سبب تولید باران اسیدی می‌شود.

۳- گاز اوزون (آبی بسیار روشن) تولیدی در لایه تروپوسفر سمی و تنفس زیاد آن حتی می‌تواند باعث مرگ شود. هر چند این گاز در قسمتی از لایه استراتوسفر (لایه اوزون) نیز وجود دارد که نقش مهمی در جذب پرتوهای فرابنفش خورشید داشته و وجود آن در لایه اوزون برای حیات جانداران بسیار حیاتی و مفید است.

۴- برای کاهش این سه گاز کافیست توسط مبدل کاتالیستی گاز NO تولیدی در مرحله اول را مجدد به عناصر سازنده تجزیه کنیم، در نتیجه تولید هر سه گاز کاهش چشمگیری می‌یابد:

$$\mathbf{2NO_{(g)} \xrightarrow{\text{مبدل کاتالیستی}} N_{2(g)} + O_{2(g)}}$$ ☑

۵- طبق نمودار بالا در یک شهر:

الف) این سه گاز در حدود ۱۰ شب تا ۴ صبح ، به کمترین مقدار خود می‌رسند و ثابت هستند.

ب) غلظت NO در حدود ۷ صبح به بیشترین مقدار می‌رسد.

پ) غلظت NO_2 در حدود ۹ صبح به بیشترین مقدار می‌رسد.

ت) غلظت O_3 در حدود ۱۰ صبح به بیشترین مقدار می‌رسد.

ث) مقایسه غلظت بیشینه ی (ماکزیمم) این سه گاز در طول روز:

$$NO_{2(g)} > O_{3(g)} > NO_{(g)}$$

Dr. Hasan Pelvi

نکته: مقدار جرم خارج شده از خودرو از ۳ آلاینده‌ای که توسط مبدل کاتالیستی امکان کم شدن دارند، چه در غیاب مبدل و چه در حضور مبدل: $CO > C_xH_y > NO$: جرم خارج شده از اگزوز خودرو

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

به عبارتی مبدل کاتالیستی مقدار هر ۳ آلاینده را کاهش می‌دهد اما در نهایت مقداری از آن‌ها باز هم وارد اتمسفر می‌شوند که این مقدار ورودی به هوا کره در حضور مبدل کاتالیستی نیز همین ترتیب را دارا است.

تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر درست می‌باشد؟

- از نظر ترتیب زمانی تولیدی: $O_3 \leftarrow NO_2 \leftarrow NO$
- از نظر بیشترین غلظت: $NO < O_3 < NO_2$
- از بین سه آلاینده NO، NO_2، O_3 مولکولی که دارای ۱۱ الکترون ناپیوندی است ، بی رنگ می باشد.
- واکنش $NO_2 + O_2 \rightarrow NO + O_3$ در حضور نور خورشید انجام می‌شود.
- واکنش هایی که منجر به تولید اوزون تروپوسفری در خودرو ها می‌شود، عیناً در حضور رعد و برق نیز انجام می‌شوند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۲: در یک شهر روزانه ۱۰۰ هزار خودرو در حال تردد هستند و هر خودرو روزانه ۲۰ کیلومتر مسافت را طی می‌کند. استفاده از مبدل کاتالیستی در این شهر در مدت یک ماه به تقریب از ورود چه تعداد مولکول نیتروژن مونوکسید جلوگیری می‌کند (مقدار این آلاینده در غیاب مبدل کاتالیستی ۱/۰۴ گرم به ازاء هر یک کیلومتر و در حضور مبدل ۰/۰۴ گرم می‌باشد.) $(N = 14, O = 16)$

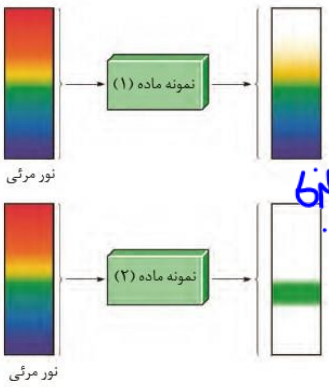
۱) $1/2 \times 10^{30}$ ۲) $1/2 \times 10^{27}$ ۳) $6/02 \times 10^{29}$ ۴) $6/02 \times 10^{26}$

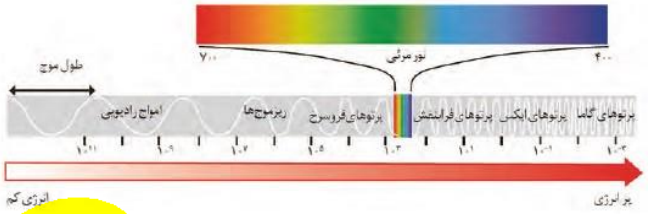


طیف سنجی

۱- مواد مختلف جذب با بازتابش متفاوتی در مقابل امواج الکترومغناطیسی دارند. با توجه به چنین برهم کنش‌هایی که میان ماده و پروتوهای الکترومغناطیسی وجود دارد می‌توان با کمک روش طیف سنجی به ساختار شیمیایی مواد مختلف پی برد.

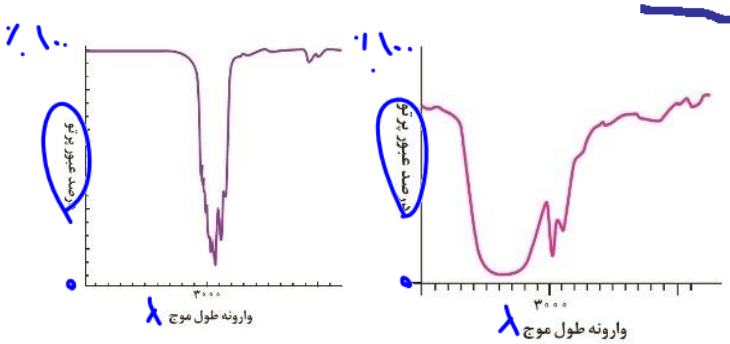
۲- می‌دانیم که پرتوهای الکترومغناطیسی دارای گسترده وسیعی از فوتون‌ها شامل امواج رادیویی ، فروسرخ (مادون قرمز)، نور مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر)، فرابنفش، اشعه ایکس و گاما می‌باشند. دو ماده مختلف در یک یا چند گستره ی این امواج تفاوت جذب و عبور نور داشته و به این شکل مواد مختلف را به کمک طیف سنجی می‌توان تشخیص داد.





۳- یکی از رایج ترین طیف سنجی‌ها، طیف سنجی **فروسرخ** می‌باشد که برای تشخیص الف)گروه‌های عاملی مختلف در ترکیبات آلی، ب) شناسایی آلاینده‌هایی مانند CO، و NO و NO_2 در هوا کره و پ) شناسایی برخی مولکول‌ها در فضای بین ستاره‌ای استفاده می‌شود.

مثال: درصد عبور نور فرو سرخ از ایزومرهای C_2H_6O **(طیف سنجی دی متیل اتر و اتانول)** :



اتانول — دی متیل اتر

❖ بدیهی است نمودار **درصد جذب** پرتو فرو سرخ برای این دو مولکول، مکمل این نمودارهاست

۴- MRI نمونه ای از کاربرد طیف سنجی در پزشکی است. (طیف سنجی اشعه ایکس)

Dr. Hasan Pelvi

چگونگی انجام واکنش‌ها از دید ذره‌ای و انرژی

برای انجام یک واکنش دست کم سه عامل نیاز است:

A: برخورد میان واکنش دهنده‌ها

B: برخورد در راستای مناسب واکنش دهنده‌ها

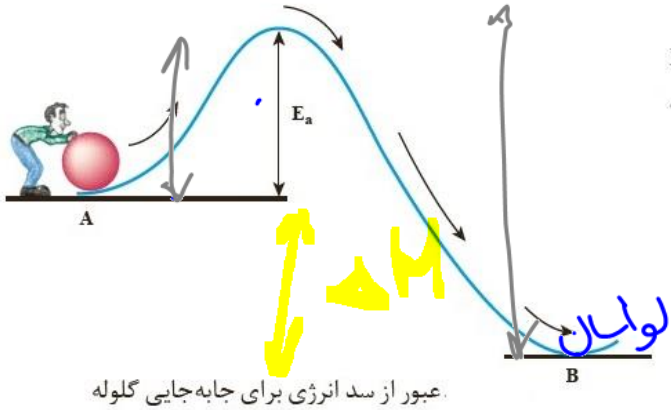
C: وجود انرژی کافی برای شکستن پیوندهای واکنش دهنده‌ها (E_a)

نکته: از عوامل مؤثر در سرعت واکنش‌ها که شامل ماهیت واکنش دهنده‌ها، دما، غلظت، فشار، سطح تماس، حالت فیزیکی و کاتالیزگر می‌باشند، هر کدام روی یک یا هر ۳ عامل بالا اثر گذاشته و باعث تغییر سرعت واکنش می‌شوند.

انرژی فعال سازی (E_a): حداقل انرژی لازم برای انجام یک واکنش را گویند.



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

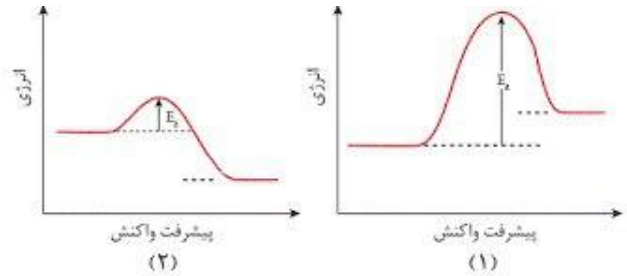


عبور از سد انرژی برای جابه‌جایی گلوله

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

۱- این انرژی صرف سست کردن (معمولاً می‌توان فرض کرد شکستش) پیوندهای واکنش دهنده‌ها می‌شود.

۲- انرژی فعال سازی رفت متناسب با مجموع آنتالپی پیوند (انرژی پیوند) واکنش دهنده‌ها می‌باشد. به عبارتی هر چه E_a یک واکنش بیشتر باشد، پیوندهای واکنش دهنده های واکنش محکم تر بوده و واکنش دهنده‌ها پایدارتر هستند.



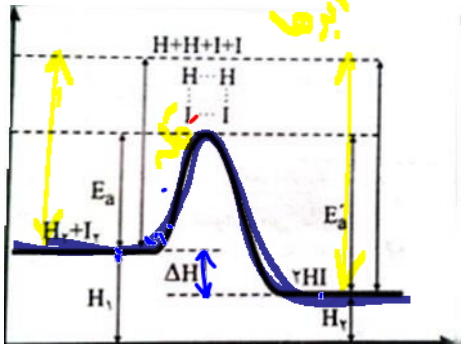
۳- هر چه E_a بیشتر باشد، سرعت واکنش کمتر است.

سرعت یک واکنش به مقدار E_a بستگی دارد نه گرماگیر یا گرما ده بودن واکنش

به عنوان نمونه سرعت واکنش ۱ کمتر از ۲ می باشد :

۴- این انرژی چه در واکنش گرما گیر و چه گرماده برای شروع واکنش نیاز است.

۵- گرما دادن، ایجاد جرقه و.... روش های مختلف ایجاد این انرژی می‌باشد.



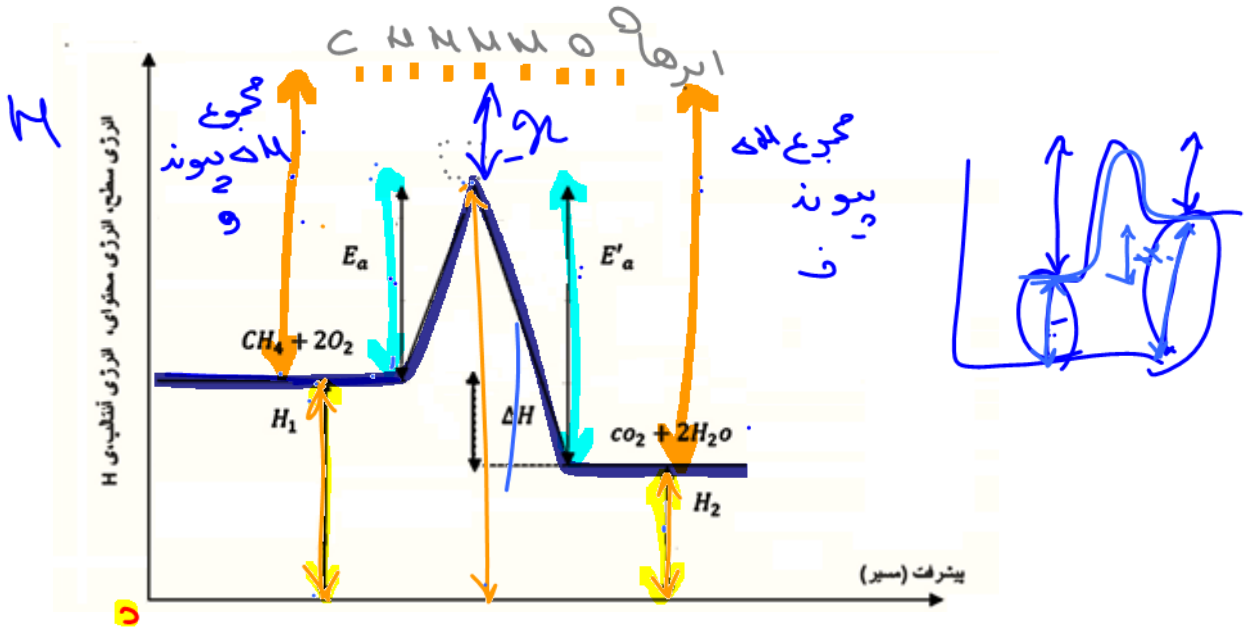
نکته: انرژی فعال سازی رفت (E_a) انرژی لازم برای «سست کردن» پیوندهای واکنش دهنده‌ها است نه شکستن کامل آن‌ها. بنابراین E_a از مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها کمتر است. همین مطلب در مورد $E'a$ و مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها نیز صادق است.

Dr. Hasan Pelvi

نمودار انرژی- پیشرفت در یک واکنش گرماده:

به عنوان مثال در واکنش گرماده:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2 + 802Kg$$



H_1: انرژی یا سطح انرژی یا محتوای انرژی یا آنتالپی واکنش دهنده‌ها

H_2: انرژی یا سطح انرژی یا محتوای انرژی یا آنتالپی فرآورده‌ها

ΔH: تفاوت انرژی یا تفاوت سطح انرژی و ... فرآورده‌ها و واکنش دهنده‌ها (گرمای واکنش)

E_a : انرژی فعال سازی رفت ≈ مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها

E'_a: انرژی فعال سازی برگشت ≈مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها در یک واکنش گرماده:

انرژی واکنش دهنده‌ها > انرژی فرآورده‌ها

پایداری واکنش دهنده‌ها < پایداری فرآورده‌ها

واکنش پذیری واکنش دهنده‌ها > واکنش پذیری فرآورده‌ها

پیوندهای واکنش دهنده‌ها سست تر از پیوندهای فرآورده‌ها(سرعت واکنش رفت بیشتر از سرعت واکنش برگشت)

روش های بدست آوردن ΔH یا آنتالپی واکنش:

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

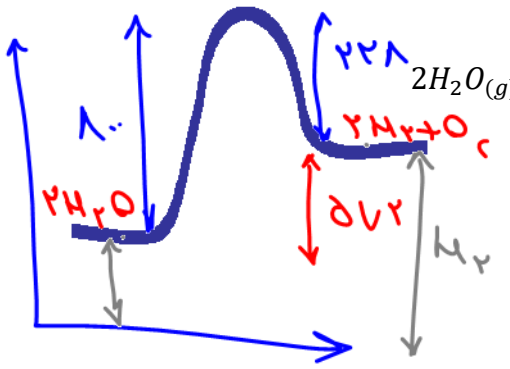
$$\Delta H = E_a - E'_a$$

ΔH = [مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها] - [مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها]

قانون هس

گرماسنج لیوانی

Dr. Hasan Pelvi



مثال: با توجه به واکنش زیر، به سوالات مطرح شده پاسخ دهید:

$$2H_2O_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H = 572Kj$$

الف) انرژی واکنش دهنده‌ها بیشتر است یا فرآورده‌ها؟

ب) انرژی فعال سازی رفت بیشتر است یا برگشت؟

پ) سرعت واکنش رفت بیشتر است یا برگشت؟

ت) مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها بیشتر است یا فرآورده‌ها؟

ث) پایداری واکنش دهنده‌ها بیشتر است یا فرآورده‌ها؟

ج) پیوندهای واکنش دهنده‌ها محکم تر است یا فرآورده‌ها؟

چ) در اثر تولید ۰/۰۴ مول گاز هیدروژن چند Kj گرما جذب می‌شود؟

ح) اگر انرژی فعال سازی رفت برابر $800Kj$ باشد، انرژی فعال سازی برگشت چند Kj است؟

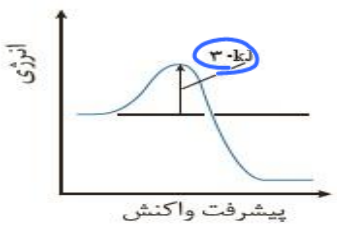
$\frac{0.4}{2} = \frac{x}{572}$

$\Delta H = Ea - Ea'$

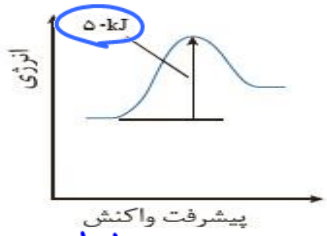
$572 = 800 - Ea' \rightarrow Ea' = 228$

خود را بیازمایید

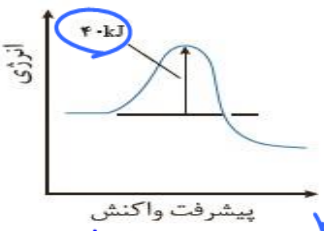
با توجه به نمودارهای زیر به پرسش ها پاسخ دهید.



(۳)



(۲)



(۱)

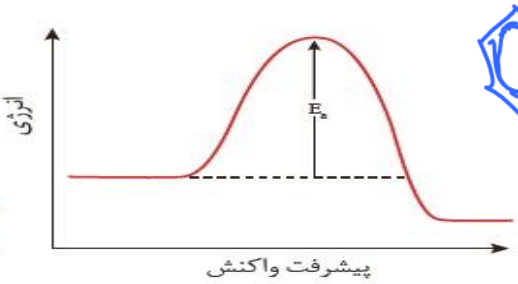
آ) گرماده یا گرماگیر بودن هر یک از واکنش‌ها را مشخص کنید و پاسخ خود را توضیح دهید.

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

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



(۲)



(۱)

$P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

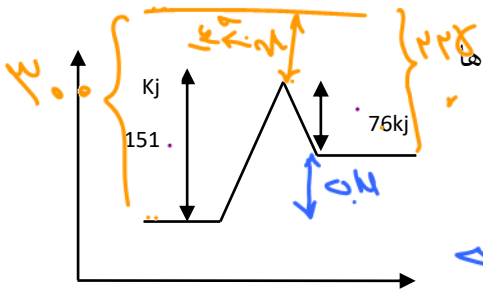
Dr. Hasan Pelvi

تست ۱: با توجه به جدول مقابل، کدام واکنش در جهت برگشت سریع تر و کدام واکنش گرمای بیشتری آزاد می‌کند؟

واکنش	۱	۲	۳	۴
Ea	۹۰	۱۵	۶۰	۳۵
$E'a$	۱۵	۷۵	۹۵	۵۵

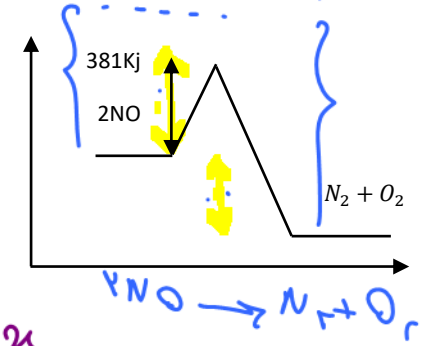
۱) ۲ ،۱ ۲) ۳ ،۴
۳) ۳ ،۱ ۴) ۲ ،۴

تست ۲: با توجه به نمودار زیر اگر مجموع آنتالپی پیوندهای واکنش دهنده‌ها برابر $300kj$ باشد، مجموع آنتالپی پیوندهای فرآورده ها چند kj است؟



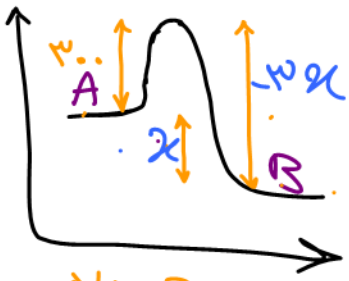
۱) ۳۷۵ ۲) ۲۲۵
۳) ۲۶۳ ۴) ۱۹۵

تست ۳: با توجه به شکل زیر، اگر انرژی پیوند $O = O, N \equiv N, N = O$ به ترتیب ۶۰۷، ۹۴۴ و ۴۹۶ کیلوژول بر مول باشد، جمع جبری ΔH و E_a رفت چند kj است؟



۱) ۱۵۵
۲) ۱۸۷
۳) ۴۲۱
۴) ۶۰۷

تست ۴: اگر در واکنش برگشت پذیر $A \rightarrow B$، تفاوت سطح انرژی بالاترین (پیچیده ی فعال) و پایین ترین نقطه در نمودار انرژی- مسیر، ۳ برابر گرمای آزاد شده ی واکنش باشد، و $E_a = 300kj$ باشد، چند مورد از مطالب زیر درست است؟



- ΔH واکنش برگشت $150KJ$ است.
- A از B پایدارتر است.
- مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها ۷۵ کیلو ژول بیشتر از واکنش دهنده‌ها است.
- در اثر تولید ۲ مول A مقدار $300kj$ گرما آزاد می‌شود.
- سرعت واکنش رفت کمتر از برگشت است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

Dr. Hasan Pelvi

کاتالیزگر





- کاتالیزگر ماده ای است که در واکنش شرکت کرده و با کاهش دادن E_a سرعت واکنش را افزایش می‌دهد اما مصرف نمی شود.

۱- کاتالیزگر با کاهش E'_a, E_a به یک اندازه، سرعت رفت و برگشت را به یک نسبت افزایش می دهد.

۲- کاتالیزگر در واکنش شرکت می‌کند اما مصرف نمی شود.

۳- کاتالیزگر کمیت های زیر را کاهش می‌دهد: انرژی نوک قله، زمان انجام واکنش، E'_a, E_a آلودگی محیط زیست، هزینه تولید فرآورده‌ها

۴- کاتالیزگر کمیت های زیر را افزایش می‌دهند:

سرعت رفت و برگشت،

۵- کاتالیزگر بر روی موارد زیر تأثیری ندارد:

ΔH واکنش، آنتالپی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها (H_2, H_1) ثابت تعادل (K)، انجام پذیر یا انجام ناپذیر بودن واکنش، نوع فرآورده تولیدی

۶- کاتالیزگر یک واکنش باید ماده ای پایدار باشد (فعالیت شیمیایی کم) تا با واکنش دهنده‌ها واکنش نداده و واکنش ناخواسته ی دیگر انجام نشود.

۷- کاتالیزگر اغلب اختصاصی و انتخابی عمل می‌کنند، یعنی یک کاتالیزگر تنها شمار معدودی واکنش را می‌تواند سرعت ببخشد.

۸- برای افزایش سرعت یک واکنش، استفاده از کاتالیزگر بر افزایش دما برتری دارد. (از نظر اقتصادی، محیط زیستی و عدم تولید فرآوردهٔ ناخواسته)

۹- از بین عوامل مؤثر در سرعت یک واکنش، تنها عاملی که با کاهش E_a باعث افزایش سرعت می‌شود، «کاتالیزگر» است و بقیه عوامل مؤثر در سرعت واکنش بر روی نمودار انرژی- پیشرفت واکنش تأثیری ندارند.

Dr. Hasan Pelvi

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

با هم بیندیشیم

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

شرایط آزمایش	دما (°C)	سرعت واکنش	آنتالپی واکنش (kJ)
بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	−۵۷۲
ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	انفجاری	−۵۷۲
در حضور پودر روی	۲۵	سریع	−۵۷۲
درحضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری	−۵۷۲

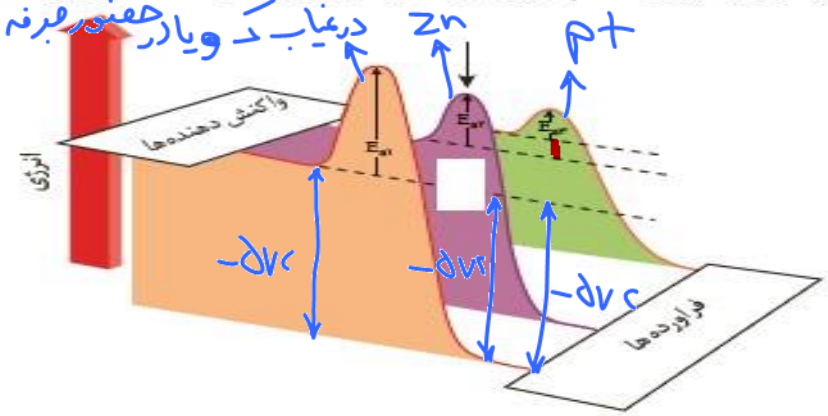
آ) توضیح دهید چرا این واکنش در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود؟

ب) نقش جرقه در انجام واکنش چیست؟

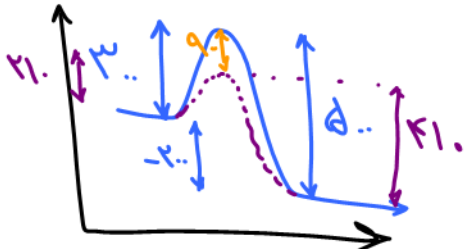
پ) نقش پودر روی و توری پلاتینی در این واکنش چیست؟

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

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

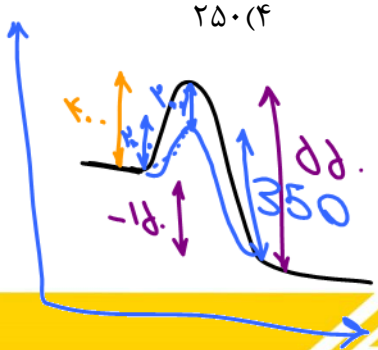


مثال: واکنش در غیاب کاتالیزگر دارای $E_a = 300, \Delta H = -200Kj$ می‌باشد. اگر با استفاده از کاتالیزگر انرژی فعال سازی برگشت ۳۰٪ کاهش یابد، مقدار ΔH، E_a و E'_a واکنش در حضور کاتالیزگر چند Kj خواهند بود؟



تست: در واکنش گازی با $E_a = 400$ $2A + 3B \rightarrow 4C$ چنانچه به ازای مصرف ۵٫۶ لیتر از گاز A در شرایط STP مقدار ۱۸٫۷۵ KJ گرما آزاد شود، و از طرفی انرژی فعال سازی واکنش رفت در حضور کاتالیزگر برابر با KJ ۲۰۰ باشد ، انرژی فعال سازی واکنش برگشت در حضور کاتالیزگر چند KJ خواهد بود؟

۱) ۴۰۰ ۲) ۳۵۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۲۵۰

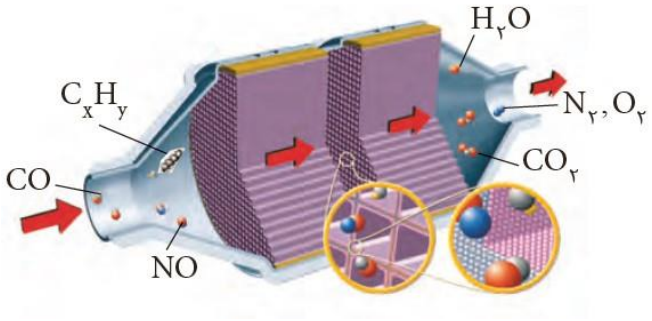


Dr. Hasan Pelvi

مبدل های کاتالیستی خودرو

۱- برای کاهش سه گاز خروجی از خودرو ها(NO, CO, C_XH_Y) می توان در مسیر خروج این گازها از مبدل کاتالیستی استفاده کرد تا این گازها به گاز های کم خطرتر تبدیل شوند.

۲- مبدل های کاتالیستی توری هایی از جنس سرامیک هستند که سطح آن ها با سه کاتالیزگر پلاتین(Pt)،پالادیم(Pd) و رودیم(Rh) پوشانده شدند.



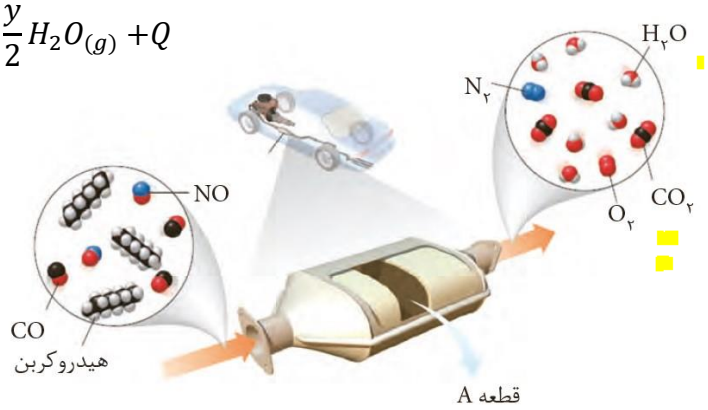
۳- برای افزایش سطح تماس کاتالیزگرها، با آلاینده ها، سرامیک را به شکل مِش(دانه های ریز) درآورده و کاتالیزگرها روی این مِش ها قرار می دهند.
(قطر قطعات کاتالیزگر ۲ تا ۱۰ نانومتر می باشد)

۴- در حضور این کاتالیزگرها و از طرفی دمای بالا اگزوز، هیدروکربن‌های نسوخته(C_XH_Y) و نیز کربن مونوکسید(CO) به طور کامل می سوزند و گاز نیتروژن مونوکسید هم به عناصر سازنده اش تجزیه می شود:

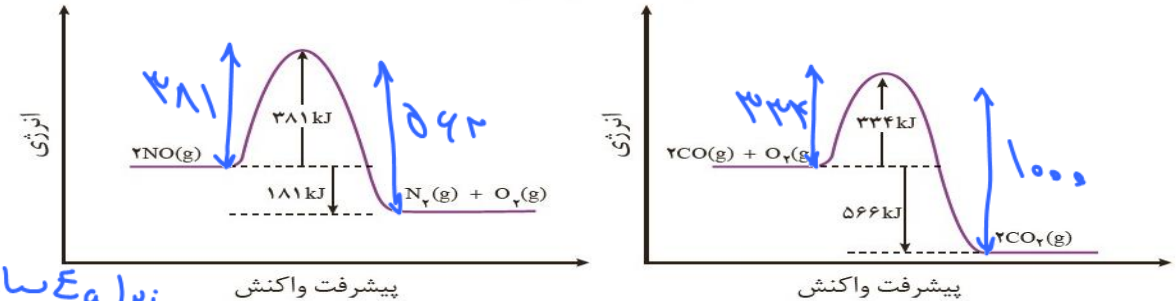
$$C_xH_{y(g)} + \left(x + \frac{y}{4}\right)O_{2(g)} \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} xCO_{2(g)} + \frac{y}{2}H_2O_{(g)} + Q$$

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} 2CO_{2(g)} + Q$$

$$2NO_{(g)} \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} N_{2(g)} + O_{2(g)} + Q$$



۵- انرژی فعال سازی این سه واکنش بسیار زیاد است. در نتیجه در هوا کره به طور کلی در دماهای پایین، امکان از بین رفتن آن‌ها وجود ندارد یا سرعت بسیار پایین دارند. اما در دمای بالای اگزوز خودرو و مجاورت با کاتالیزگر، درصد بالایی از این سه آلاینده از بین می‌روند.



آ) چرا این واکنش‌ها در دماهای پایین انجام نمی‌شوند یا بسیار کند هستند؟
ب) انرژی فعال‌سازی و آنتالپی هر واکنش را تعیین کنید.

۶- جرم خروجی این سه آلاینده به هوا کره چه در غیاب کاتالیزگر و چه در حضور کاتالیزگر به ترتیب $CO > C_xH_y > NO$ می‌باشد.

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

۷- با توجه به اینکه در زمان های ابتدایی روشن کردن خودرو به خصوص در زمستان مبدل کاتالیستی دمای پایینی دارد، در نتیجه درصد خروج این سه آلاینده زیاد است. برای رفع این مشکل می‌توان از مبدل هایی که دارای مواد شیمیایی مخصوص و یا سیستم عایق بندی مخصوصی دارند استفاده کرد.

۸ – مبدل های کاتالیستی برای مدتی طولانی کار می کنند اما پس از مدت معینی کارایی آنها کاهش می یابد زیرا با اینکه سه فلز به کار رفته فعالیت شیمیایی کمی دارند اما به تدریج با بعضی مواد واکنش داده و کارایی خود را از دست می دهند.

تست ۱: چه مقدار از مطالب زیر در مورد مبدل های کاتالیستی نادرست است؟

- کاتالیزگرها شامل پلاتین، پالادیوم و رادیم هستند.
- ابعاد کاتالیزگرها روی مبدل ۲ تا ۱۰ پیکومتر است.
- این مبدل‌ها سه آلاینده مورد نظر را می‌سوزانند.
- هر سه واکنش انجام شده به کمک این مبدل‌ها گرماده هستند.
- چه در حضور مبدل و چه در غیاب آن بیشترین جرم وارد شده آلاینده‌ها به ترتیب $CO > C_xH_y > NO$ می‌باشد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۲: در اثر پیمایش ۱۰۰ کیلومتر مسافت به وسیله یک خودروی دارای مبدل کاتالیستی، چند کیلوژول گرما در مبدل تولید می‌شود؟ $(N = 14, O = 16)$ $2NO \rightarrow N_2 + O_2 + 180kj$

(در صورتیکه مقدار NO خارج شده از خودرو به ازای هر کیلومتر در غیاب کاتالیزگر ۱/۰۴ گرم و در حضور کاتالیزگر ۰/۰۴ گرم باشد.)

۱) ۲۰۰ ۲) ۲۶۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۳۶۰

تست ۳: مقدار کدام آلاینده گازی توسط مبدل کاتالیستی خوردروهی بنزینی، کاهش می یابد؟ (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

۱) NO ۲) NO_2 ۳) CO_2 ۴) O_2

Dr. Hasan Pilevi

تست ۴: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

با توجه به جدول داده‌شده، با طی یک کیلومتر مسافت، کاهش درصد جرمی CO به‌واسطهٔ استفاده از کاتالیزگر، به تقریب کدام است و کدام آلایندهٔ تولیدشده توسط وسایل نقلیه، بیشترین کاهش مقدار مول را با به‌کارگیری کاتالیزگر دارد؟

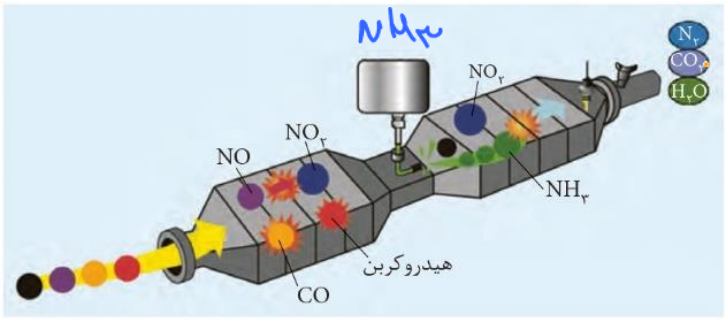
$(H=1, C=12, N=14, O=16 : g.mol^{-1})$

فرمول شیمیایی آلاینده		CO	C_8H_{18}	NO
مقدار گرم آلاینده به‌ازای طی یک کیلومتر مسافت	بدون کاتالیزگر	۵/۹۹	۱/۶۷	۱/۰۴
	با کاتالیزگر	۰/۶۱	۰/۰۷	۰/۰۴

۱) C_8H_{18} ، ۸۹/۸
۲) CO ، ۸۹/۸
۳) CO ، ۹۶/۱
۴) C_8H_{18} ، ۹۶/۱

حذف آلاینده‌ها در خودروهای دیزلی

در خودروهای دیزلی برای حذف دو آلاینده NO_2, NO ، نمی توان به کمک مبدل کاتالیستی این دو را به گاز نیتروژن تبدیل کرد . در این خودرو ها گاز آمونیاک وارد مخلوط خروجی از موتور خودرو می‌شود تا واکنش زیر انجام شود:

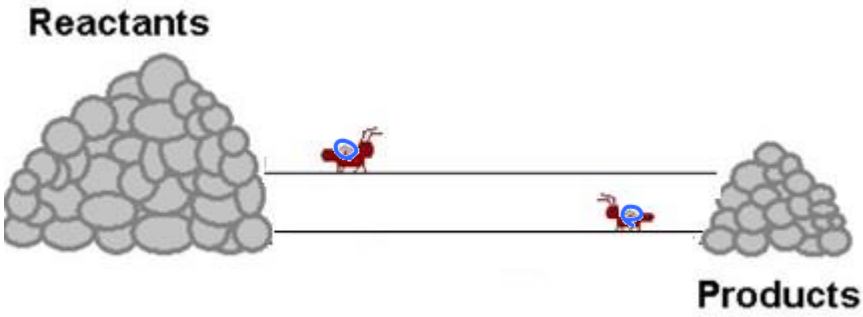


شکل۵ـ مبدل کاتالیستی در خودروهای دیزلی

$$NO_{(g)} + NO_{2(g)} + 2NH_{3(g)} \rightarrow 2N_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$$

Dr. Hasan Pilvi

تعادل‌های شیمیایی



فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی را می‌توان به دو دسته برگشت‌ناپذیر (یک طرفه) و برگشت‌پذیر تقسیم کرد:

a) فرآیند برگشت‌ناپذیر : فرآیندی است که فقط واکنش‌دهنده‌ها می‌توانند تبدیل به فرآوردهشوند. مانند سوختن و اکسایش اکثر مواد، پختن غذا و ... .

b) فرآیند برگشت‌پذیر: فرآیندی است که هم امکان تبدیل واکنش‌دهنده‌ها به فرآورده وجود دارد هم برعکس. مانند تبدیل جامدات به مایعات و گازها یا تبدیل اسید از حالت مولکولی به یونیده و ...

تعادل: اگر در یک فرآیند برگشت‌پذیر، سرعت رفت = سرعت برگشت شود، فرآیند را تعادلی می‌گویند.

به عنوان مثال چنانچه مقداری آب در ظرف دربسته‌ای قرار داده شود، بعد از مدتی که سرعت تبخیر با سرعت میعان برابر شود، فرآیند به تعادل رسیده است.

$\infty > K > 0$

شروط برقراری تعادل

۱- فرآیند برگشت‌پذیر باشد
۲- دما ثابت باشد
۳- فشار ثابت باشد
۴- سامانه بسته باشد
۵- سرعت رفت = سرعت برگشت شود

نکته: در هنگام تعادل چون سرعت رفت برابر با سرعت برگشت شده است، درنتیجه غلظت هر ماده ثابت می‌ماند ولی این مطلب به معنای برابر شدن غلظت مواد نیست.

مثال: اگر در ظرفی در بسته ۱ لیتری مقدار ۱۰ مول SO_2 و ۷ مول O_2 وارد شود، مراحل ایجاد تعادل و نمودار مول-زمان را بررسی کنید (با فرض اینکه ۴ مول SO_2 مصرف شود).

جواب:

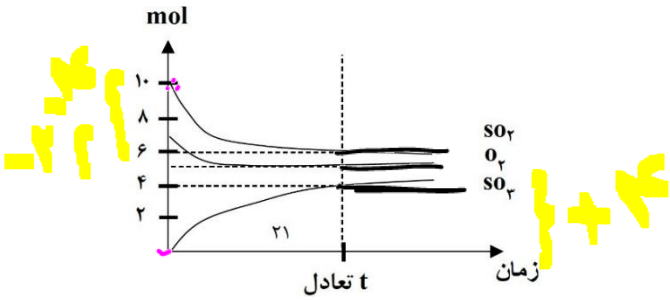
t=۰	t=۱h	تعادل=t
$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$	$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$	$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

ابتدا فقط واکنش در جهت رفت انجام می‌شود. به‌تدریج فرآیند برگشت هم انجام می‌شود اما با سرعت کمتر. در لحظه تعادل هر دو واکنش انجام می‌شوند اما با سرعت برابر و در نتیجه غلظت هر ماده ثابت می‌ماند(غلظت یا مول تعادلی یا n_2).

۳ معادل
۱۲ ۱) واکنش برگشت = واکنش رفت
۱۳ ۲) $R_{رفت} = R_{برگشت}$
$R_{رفت}$ و برگشت یک جسم باخودش ۰
مواد هم ضریب ~ ~ ۲

Dr. Hasan Pelvi

	$2SO_2$	+	O_2	⇌	$2SO_3$
n_1	۱۰		۷		۰
Δn	-2x -۴		-x -۲		2x +۴
n_2	۶		۵		۴



چون غلظت مواد در هنگام تعادل ثابت است، می‌توان رابطه‌ای به نام رابطه ثابت تعادل یا K را هنگام تعادل در نظر گرفت(با فرض اینکه حجم ظرف ۱لیتر باشد):

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2.[O_2]} = \frac{4^2}{6^2 \times 5} = 0.09$$

ثابت تعادل (K) و نکات آن

۱) در تعادل $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ رابطه ثابت تعادل به شکل زیر خواهد بود:

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

۲) در رابطه K فقط غلظت g و aq را قرار می‌دهیم. زیرا غلظت S و برعکس L ثابت است.

۳) هرچه K بزرگتر باشد، پیشرفت (تولید فرآورده) بیشتر است و برعکس.

۴) K فقط پیشرفت واکنش را نشان می‌دهد و هرگز بیانگر سرعت و شدت آن نیست.

۵) K فقط با دما تغییر می‌کند.

۶) K واحد معینی ندارد و حتی می‌تواند بدون یکا (۱) باشد.

خود را بیازمایید

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

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

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

ب) جدول صفحه بعد غلظت تعادلی گونه‌ها را در دمای معینی برای این واکنش نشان می‌دهد. با محاسبه K مشخص کنید میزان پیشرفت واکنش در این دما کم است یا زیاد؟ چرا؟

$[NH_3]$	$[H_2]$	$[N_2]$	K
۰/۰۲	۰/۵	۰/۴	۰/۰۰۱

مثال: ۰/۵ مول NH_4HS را گرما می‌دهیم تا بعد از مدتی تعادل زیر برقرار شود. اگر تا رسیدن به تعادل ۶ درصد آن تجزیه شود، K چند خواهد بود؟(حجم ظرف ۱ لیتر)

$$NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$$

	$NH_4HS_{(s)}$	$NH_{3(g)}$	$H_2S_{(g)}$
n_1	۰/۵	۰	۰
Δn	$-x$ $-۰/۰۳$	$+x$ $+۰/۰۳$	$+x$
n_2	$۰/۵-x$	x $۰/۰۳$	x $۰/۰۳$

$$K = [NH_3].[H_2S] = ۰/۰۳ \times ۰/۰۳ = ۹ \times ۱۰^{-۴}$$

Dr. Hasan Pelvi

تست های ثابت تعادل

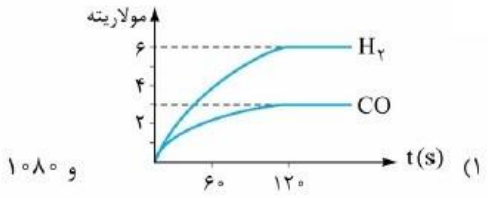
تست ۱

مقدار ۱٫۵ مول گاز A با ۰٫۶ مول گاز X_2 و ۰٫۵ مول گاز D_2 در یک دمای معیّن در یک ظرف دربستهٔ سه لیتری به حالت تعادل $X_2(g)+3D_2(g) \rightleftharpoons 2A(g)$، وجود دارند. مقدار ثابت تعادل کدام است و مقدار گاز D_2 در آغاز واکنش، برابر چند مول بوده است؟

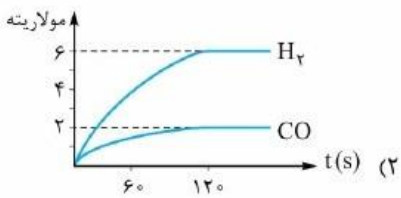
۱) ۲۷۰ ، ۲ ۲) ۲٫۷۵ ، ۳۰ ۳) ۲۷۰ ، ۲٫۷۵ ۴) ۳۰ ، ۲

تست ۲ :

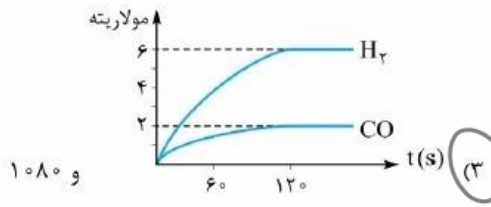
۲ مول متان و ۲/۲ مول بخار آب را در یک ظرف یک لیتری وارد کرده، گرم می‌کنیم تا در یک واکنش تعادلی به گازهای هیدروژن و کربن مونوکسید تبدیل شوند. اگر در لحظهٔ تعادل، مقدار گاز متان برابر ۲ مول باشد، کدام نمودار برای تغییر غلظت فراورده‌های این واکنش درست و ثابت تعادل، به تقریب کدام است؟ (سراسری ریاضی خارج ۹۳)

۱) 

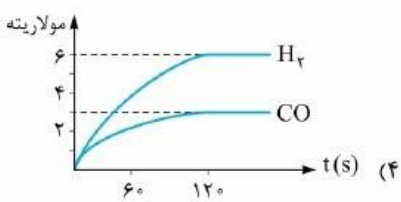
و ۱۰۸۰

۲) 

و ۱۶۲۰

۳) 

و ۱۰۸۰

۴) 

و ۱۶۲۰

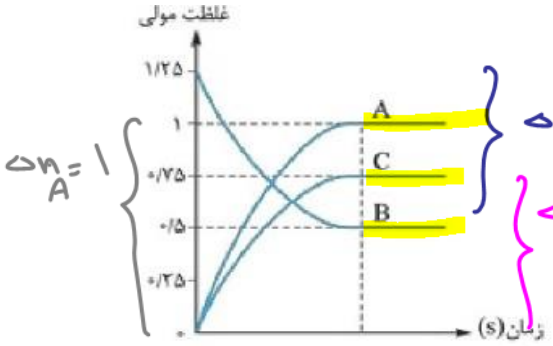
تست ۳ : (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

۰٫۰۶ مول گاز NO_2Cl وارد ظرف ۲ لیتری دربسته می‌شود. اگر در شرایط مناسب انجام واکنش، کاهش جرم واکنش‌دهنده تا رسیدن به تعادل گازی: $2NO_2Cl \rightleftharpoons Cl_2 + 2NO_2$، برابر ۳٫۲۶ گرم باشد، ثابت تعادل و شمار مول‌های گازی درون ظرف در حالت تعادل، کدام است؟ $(N=14, O=16, Cl=35/5 : g.mol^{-1})$

۱) ۰٫۰۸ ، ۰٫۰۴ ۲) ۰٫۰۴ ، ۰٫۰۴
۳) ۰٫۰۸ ، ۰٫۰۸ ۴) ۰٫۰۴ ، ۰٫۰۸

تست ۴ :

نمودار مقابل، روند تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده در واکنش $bB(g) \rightleftharpoons aA(g) + cC(g)$ را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار، ثابت تعادل واکنش مورد نظر در شرایط داده‌شده چه‌قدر است؟



۱) ۶/۷۵
۲) ۸/۷۵
۳) ۳/۳۷۵
۴) ۴/۳۷۵

تست ۵: ۲/۴۸ مول گاز نیتروژن و ۱/۶۸ مول گاز اکسیژن در یک ظرف ۲ لیتری سربسته را گرم می‌کنیم تا تعادل گازی $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ برقرار شود. اگر در لحظه تعادل ۰/۰۸ مول گاز نیتروژن مونوکسید در مخلوط وجود داشته باشد، ثابت تعادل کدام است؟

۱) $1/6 \times 10^{-4}$
۲) $1/6 \times 10^{-3}$
۳) $1/8 \times 10^{-2}$
۴) $1/8 \times 10^{-4}$

تست ۶: با توجه به واکنش تعادلی گازی زیر اگر در یک ظرف دو لیتری در بسته مقدار ۳۶ گرم بخار آب و ۲ مول کربن مونوکسید با هم واکنش دهند چند مول بخار آب در حالت تعادل در ظرف باقی می‌ماند؟

$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2 \qquad (K = 4 \quad O = 16 \quad H = 1)$$

۱) $\frac{1}{3}$
۲) $\frac{1}{4}$
۳) $\frac{2}{3}$
۴) $\frac{3}{4}$

Dr. Hasan Pelvi

تست ۷: ۱۲ گرم گاز هیدروژن و ۲۸ گرم گاز نیتروژن وارد ظرف سر بسته می‌کنیم تا تعادل زیر ایجاد شود. اگر $K = \frac{4}{9}$ باشد و در لحظه برقراری تعادل مجموع غلظت واکنش دهنده‌ها ۵ برابر غلظت فرآورده تولیدی باشد حجم ظرف چند لیتر است؟ $(N = 14\ ,\ H = 1)$

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

۱) ۹ ۲) ۱۲ ۳) ۱۸ ۴) ۴/۵

تست ۸: انحلال پذیری کلسیم سولفات در دمای معین برابر ۰/۲۷۲ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. در این شرایط ثابت تعادل واکنش زیر چند $mol^2.L^{-2}$ است؟ $(Ca = 40\ ,\ S = 32\ ,\ O = 16)$

$$CaSO_4(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

۱) 4×10^{-2} ۲) 4×10^{-6} ۳) 2×10^{-4} ۴) 2×10^{-6}

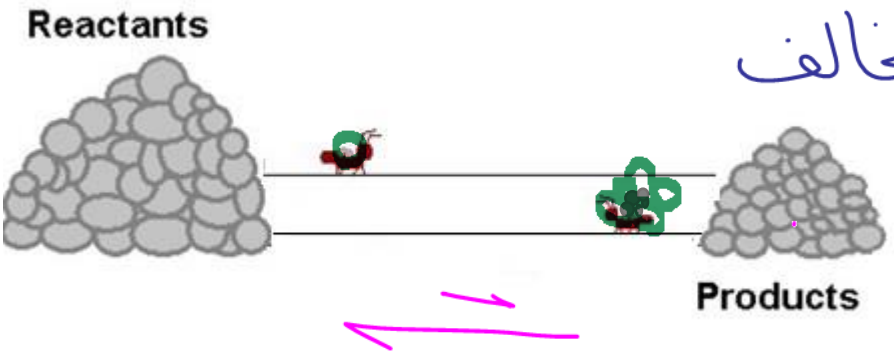
تست ۹: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

واکنش گازی: $4X + Y \rightleftharpoons 2M + 2Z\ ,\ K = 25$، با تزریق مول‌های برابر از واکنش‌دهنده‌ها به یک ظرف دربسته انجام می‌شود. اگر ۰/۴ مول گاز X با ۰/۸ مول گاز Y در تعادل باشد، حجم ظرف واکنش، برابر چند میلی‌لیتر است؟

۱) ۲۵۰ ۲) ۱۲۵ ۳) ۱۲۵۰ ۴) ۲۵۰۰

Dr. Hasan Pelvi

عوامل موثر در جابجایی تعادل (اصل لوشاتلیه)



ساز مخالف

اصل لوشاتلیه: اگر تغییری سبب به هم خوردن یک سامانه تعادلی شود، تعادل در جهتی جابجا می‌شود که تا حد امکان اثر آن تغییر را جبران کند.

از بین عوامل موثر در سرعت واکنش که شامل ۱- ماهیت واکنش دهنده‌ها ۲- دما، ۳- غلظت واکنش دهنده‌ها ۴- فشار، ۵- سطح تماس واکنش دهنده‌ها ۶ -کاتالیزگز ۷- حالت فیزیکی واکنش دهنده‌ها می‌باشند، سه عامل تغییر دما، تغییر غلظت واکنش دهنده‌ها یا فرآورده‌ها و تغییر فشار (حجم) می‌توانند برابری سرعت رفت و برگشت را نابرابر کرده و باعث به هم خوردن حالت تعادلی واکنش شوند.

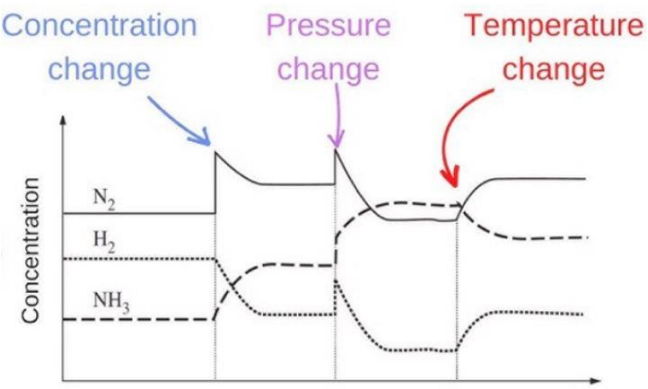
در بین این سه عامل تغییر دما حتی ثابت تعادل (K) یک واکنش را نیز تغییر می دهد.

نکته ۱: این سه تغییر شامل تغییر غلظت ماده‌ای که g یا aq است تغییر فشار با حجم (در صورتی که تعداد مول گاز دو طرف نابرابر باشند) و تغییر دما (بدون استثناء) می‌باشند.

نکته ۲: تغییر این سه عامل می‌تواند تعادل را جابجا کند (سرعت رفت و برگشت نابرابر شوند) ولی در اکثر موارد نمی‌تواند بطور کامل اثر تحمیل را جبران کند.

نکته ۳: می‌توان اینگونه گفت که طبق اصل لوشاتلیه با تغییر این سه عامل، تعادل احتمالاً به سمتی جابجا می‌شود که با تحمیل وارد شده مقابله کند به عبارتی تعادل اصولاً به سمتی جابجا می‌شود که «عامل کم شده را زیاد کند» و یا «عامل زیاد شده را کم کند». (ساز مخالف)

البته **معمولاً** نمی‌تواند اثر تحمیل را کاملاً برطرف کند و آن را به حالت تعادل اولیه برساند.



Dr. Hasan Pelvi

الف) تغییر غلظت مواد شرکت کننده

۱- طبق اصل لوشاتلیه : با افزایش غلظت (g یا aq) ← تعادل به سمت مصرف آن ماده می رود.

با کاهش غلظت (g یا aq) ← تعادل به سمت تولید آن ماده می رود.

یادآوری : سرعت رفت وابسته به غلظت واکنش دهنده هاست و سرعت برگشت وابسته به غلظت فراورده هاست .

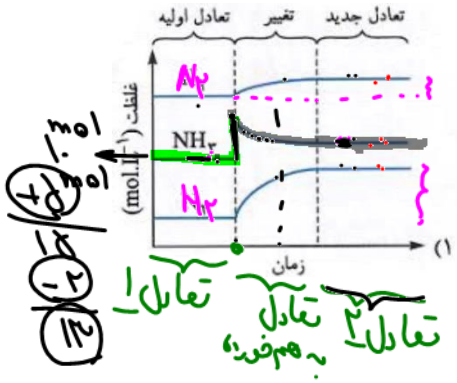
۲- چون غلظت مواد جامد (S) و مایع (L) قابل تغییر نیست، کم یا زیاد کردن مقدار جامدات و مایعات تعادل را جابجا نمی‌کند.

۳- تغییر غلظت مواد گازی و محلول تعادل را جابجا می‌کند و بعد از مدتی در صورت ایجاد شرایط، تعادل جدید (ثانویه یا ۲) برقرار می‌شود اما ثابت تعادل اولیه و ثانویه تغییر نمی‌کنند. $(K_1 = K_2)$

مثال: در تعادل $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ با افزایش غلظت NH_3، موارد زیر را بررسی کنید:

جابه جایی تعادل، سرعت رفت و برگشت و تغییرات غلظت مواد شرکت کننده در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه

پاسخ:



خود را بیازمایید

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

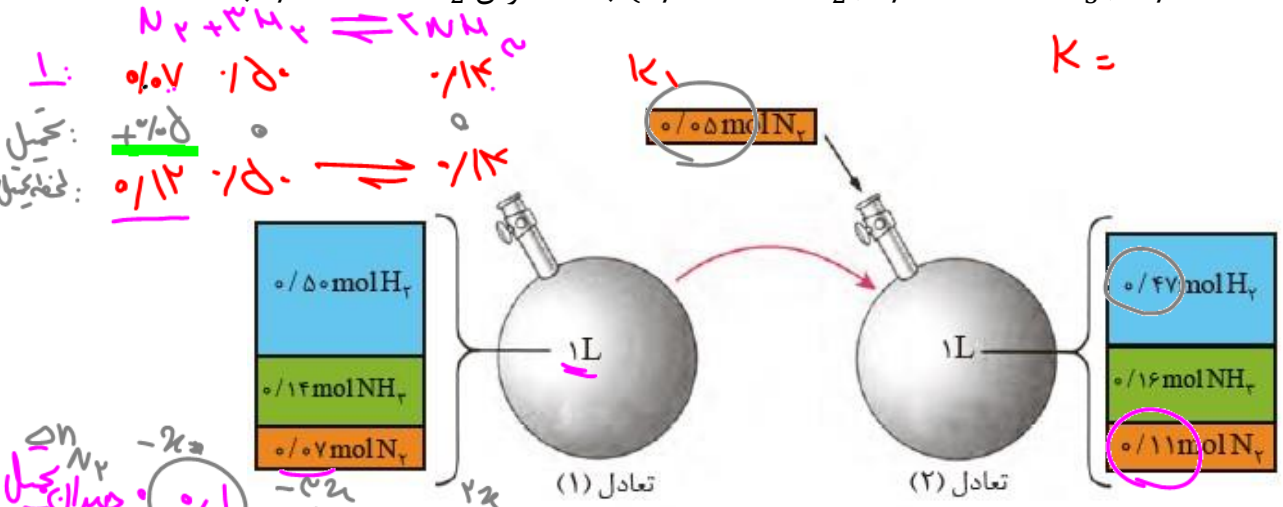
$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

آ) خارج کردن مقداری گاز آمونیاک از سامانه

ب) وارد کردن مقداری گاز هیدروژن در سامانه :

Dr. Hasan Pelvi

مثال: در ظرف یک لیتری و در دمای ۲۰۰ °C تعادل گازی $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ برقرار است. ($0/07\ mol\ N_2$, $0/14\ mol\ NH_3$, $0/50\ mol\ H_2$). با اضافه کردن $0/05\ mol\ N_2$ به سامانه:



الف) تعادل به کدام جهت جابجا می‌شود.

ب) مقدار مول مواد شرکت کننده در تعادل جدید به چه مقدار می‌رسد؟

تعادل / کمیت	$[NH_3]$	$[H_2]$	$[N_2]$	K
۱				
۲				

ث) سرعت رفت و برگشت در لحظه اعمال تحمیل و نیز در تعادل جدید را بررسی کنید.

مثال: در تعادل گازی $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ اگر مقدار اکسیژن را کاهش دهیم،

الف) سرعت رفت و برگشت در لحظه تحمیل و تعادل جدید را نسبت به تعادل اولیه مقایسه کنید.

ب) تعادل به کدام جهت جابجا می‌شود؟

ث) مقدار مول مواد در تعادل جدید و اولیه را مقایسه کنید.

ت) K_1 و K_2 چه تفاوتی خواهند داشت؟

Dr. Hasan Pelvi

تست ۱: مقداری سدیم کلرید به تعادل $CaCl_2(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$ اضافه می‌کنیم. چه تعداد از مطالب زیر صادق است؟

تعادل به سمت برگشت جابجا می‌شود - سرعت رفت کاهش می‌یابد - در تعادل جدید غلظت یون کلرید برابر با تعادل اولیه است - در تعادل جدید غلظت Ca^{2+} کمتر از تعادل اولیه است $-K_1 = K_2-$ غلظت کلسیم کلرید جامد افزایش می‌یابد.

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۶

تست ۲: با توجه به تعادل $BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightleftharpoons BaSO_4(s) + 2NaCl(aq)$ کدام گزینه نادرست است؟

۱) با اضافه کردن سدیم سولفات غلظت یون باریم کاهش می‌یابد.

۲) با کاهش غلظت سدیم کلرید تعادل به راست رفته و غلظت رسوب افزایش می‌یابد.

۳) با اضافه کردن باریم سولفات تعادل جابجا نمی‌شود.

۴) با کاهش باریم کلرید، مقدار باریم سولفات کاهش یافته اما $K_2 = K_1$ خواهد بود.

ب) تغییر فشار (حجم) سامانه

۱- طبق اصل لوشاتلیه: با افزایش فشار ← تعادل به سمت تعداد مول گازی کمتر جابجا می‌شود.

با کاهش فشار ← تعادل به سمت تعداد مول گازی بیشتر جابجا می‌شود.

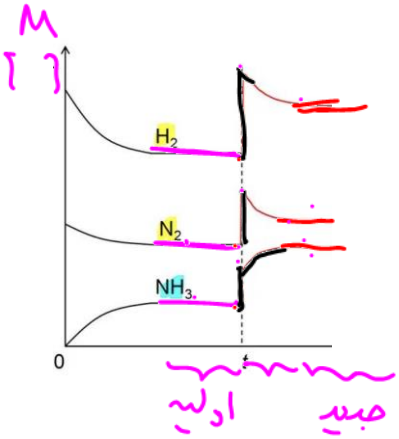
۲- می‌دانیم که کاهش حجم سامانه باعث افزایش فشار سامانه می‌شود و برعکس.

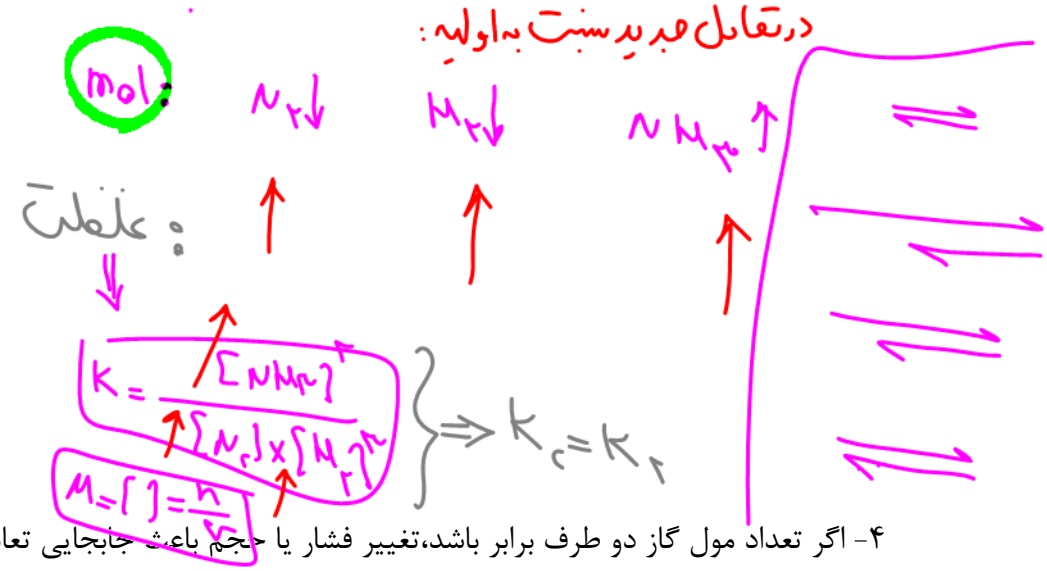
۳- تغییر فشار از طریق تغییر غلظت مواد گازی، باعث تغییر سرعت رفت و برگشت می‌شود.

مثال: در تعادل $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ با افزایش فشار موارد زیر را بررسی کنید:

جابه جایی تعادل، سرعت رفت و برگشت و تغییرات غلظت مواد شرکت کننده در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه

پاسخ:





۴- اگر تعداد مول گاز دو طرف برابر باشد،تغییر فشار یا حجم باعث جابجایی تعادل نمی‌شود.

مانند: $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$

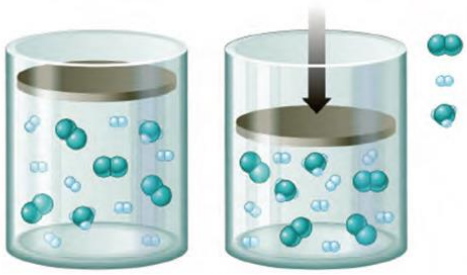
(البته سرعت رفت و برگشت تغییر می‌کند اما به یک اندازه، اگر تعداد مول گاز دو طرف برابر ۰ باشد با تغییر فشار هم تعادل جابه‌جا نمی‌شود و هم سرعت رفت و برگشت تغییر نمی‌کند.)

۵- با جابجا شدن تعادل با تغییر فشار یا حجم ، ثابت تعادل تغییر نمی‌کند $K_1 = K_2$.

۶- در اثر **افزایش فشار** (کاهش حجم) **غلظت** همه گازها در تعادل جدید **بیشتر** از تعادل اولیه خواهد بود، هر چند مقدار مول آنها ممکن است افزایش یا کاهش یا حتی ثابت بماند.

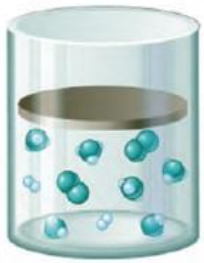
۷- در اثر **کاهش فشار** (افزایش حجم) **غلظت** همه گازها در تعادل جدید **کمتر** از تعادل اولیه خواهد بود، هر چند مقدار **مول** آنها ممکن است افزایش یا کاهش یا حتی ثابت بماند.

Dr. Hasan Pilvei



مثال: تعادل گازی $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ در ظرفی در بسته به حجم ۱۰ لیتر برقرار است. اگر حجم سامانه به ۶ لیتر کاهش دهیم:

الف) تعادل به کدام سمت جابجا می‌شود و مقدار مول مواد در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه را مقایسه کنید.



ـ برقراری تعادل جدید برای کاهش اثر فشار

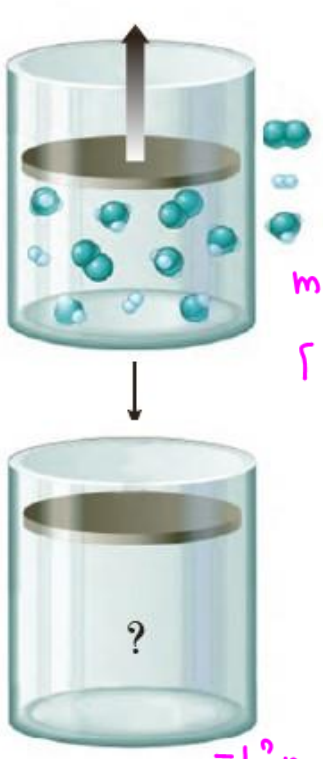
ب) غلظت مواد شرکت کننده در تعادل جدید بیشتر است یا تعادل قدیم؟

پ) K_2 بیشتر است یا K_1 ؟

ت) فشار در تعادل ثانویه بیشتر است یا تعادل اولیه؟

ث) سرعت رفت و برگشت را در لحظه اعمال تحمیل و نیز در تعادل جدید بررسی کنید.

خود را بیازمایید



۱ـ اگر در سامانه (آ) شکل ۷، پیستون بیرون کشیده شود تا در دمای ثابت حجم آن افزایش یابد:

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

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

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

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

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

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

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

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

Dr. Hasan Pelvi

مثال: در تعادل گازی $2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$، در اثر کاهش فشار (افزایش حجم):

الف) تعادل به کدام سمت جابجا می‌شود و تعداد مول مواد در تعادل جدید نسبت به اولیه چگونه تغییر می‌کند؟

ب) غلظت مواد شرکت کننده در تعادل جدید بیشتر است یا قدیم؟

پ) K_2 بیشتر است یا K_1 ؟

ت) فشار در تعادل ثانویه بیشتر است یا تعادل اولیه؟

ث) سرعت رفت و برگشت را در لحظه اعمال تحمیل و نیز هنگام برقراری تعادل جدید بررسی کنید.

تست ۱: تعادل گازی $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ در ظرفی در بسته برقرار است با کاهش حجم سامانه همه مطالب زیر صحیح خواهند بود به جز:

۱) سرعت رفت و برگشت هر دو افزایش می‌یابد.

۲) غلظت همه مواد افزایش می‌یابد.

۳) مقدار مول همه مواد افزایش می‌یابد.

۴) تعادل جابجا نمی‌شود.

تست ۲: در کدام تعادل افزایش فشار باعث افزایش تعداد مول فرآورده(ها) می‌شود؟

۱) $Al(s) + 3Ag^+(aq) \rightleftharpoons Al^{3+}(s) + 3Ag(s)$

۲) $SO_3(g) + H_2(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + H_2O(g)$

۳) $ZnO(s) + H_2(g) \rightleftharpoons Zn(s) + H_2O(g)$

۴) $MgO(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons MgCO_3(s)$

Dr. Hasan Pelvi

پ) تغییر دما

۱ - طبق اصل لوشاتلیه افزایش دما ← باعث جابجایی تعادل در جهت مصرف Q می‌شود.

کاهش دما ← باعث جابجایی تعادل در جهت تولید Q می‌شود.

۲- تغییر دما بر روی سرعت واکنشی که انرژی فعال سازی بیشتری دارد، موثرتر است. بنابراین در واکنش‌های برگشت پذیر و تعادلی می‌توان گفت:

- افزایش دما سرعت واکنش رفت و برگشت را افزایش می‌دهد ولی سرعت واکنشی که گرماگیر است را بیشتر افزایش می‌دهد.
- کاهش دما سرعت واکنش رفت و برگشت را کاهش می‌دهد ولی سرعت واکنشی که گرماگیر است را به مقدار بیشتری کاهش می‌دهد.

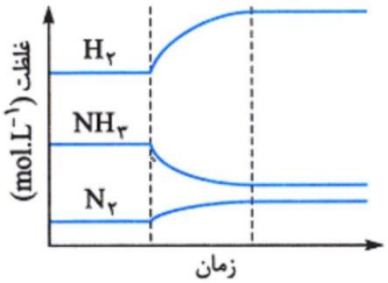
۳- هرچند دما و گرمای واکنش (Q) دو کمیت کاملا متفاوت هستند اما برای سهولت کار، تغییر دما بر روی تعادل را می‌توان تغییر (Q) فرض کرد (گرمای واکنش را به اشتباه یکی از مواد شرکت کننده در واکنش درنظر گرفت.

۴- تغییر دما علاوه بر جابجایی تعادل باعث تغییر ثابت تعادل هم می‌شود.

مثال: در تعادل $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + Q$ با افزایش دما موارد زیر را بررسی کنید:

جابه جایی تعادل، سرعت رفت و برگشت و تغییرات غلظت مواد شرکت کننده در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه

پاسخ:



Dr. Hasan Pelvi

نکته: در واکنش‌های برگشت پذیر نماد Q (ΔH واکنش) در سمتی است که مجموع ضرایب گازها کمتر است.

$$2A(g) + B(S) + Q \rightleftharpoons 3C(g)$$

اگر مجموع ضرایب گازها در دو طرف برابر باشد نماد Q در سمتی است که مجموع ضرایب کل مواد کمتر است:

مثال: در ظرفی در بسته تعادل گازی $2NO \rightleftharpoons N_2 + O_2 + Q$ برقرار است اگر دمای سامانه را از ۲۵ °C به ۲۲۵ °C افزایش دهیم:

الف) تعادل به کدام جهت جابجا می‌شود؟

ب) میزان پیشرفت واکنش (K) افزایش می‌یابد یا کاهش؟

پ) غلظت گونه‌ها را در تعادل اولیه و ثانویه مقایسه کنید.

ت) در لحظه افزایش یافتن دما سرعت رفت و برگشت چگونه تغییر می‌کنند؟

ج) سرعت رفت و برگشت در تعادل اولیه و ثانویه را مقایسه کنید.

مثال: اگر دمای تعادل مثال قبل را کاهش دهیم به سوالات مطرح شده پاسخ دهید.

با هم بیندیشیم

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

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

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

آ) عبارت ثابت تعادل را برای آن بنویسید.

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

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

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

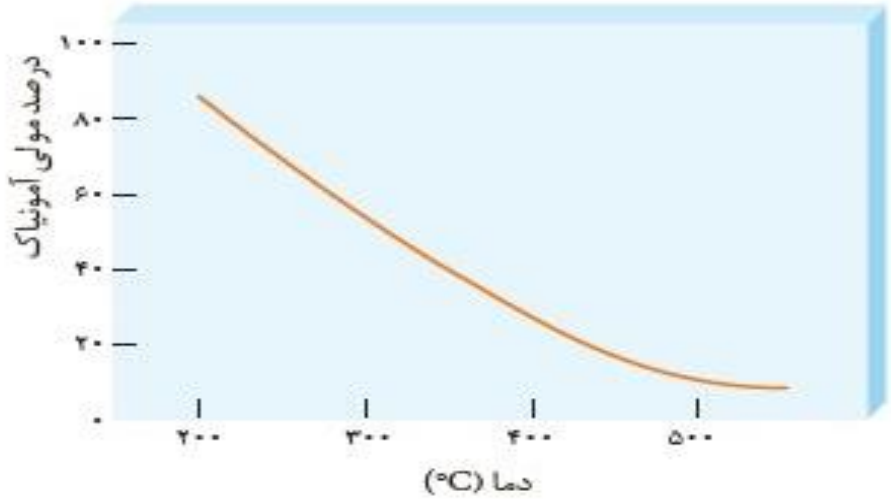
۲ـ با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

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

Dr. Hasan Pilvi

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

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



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

ب) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟

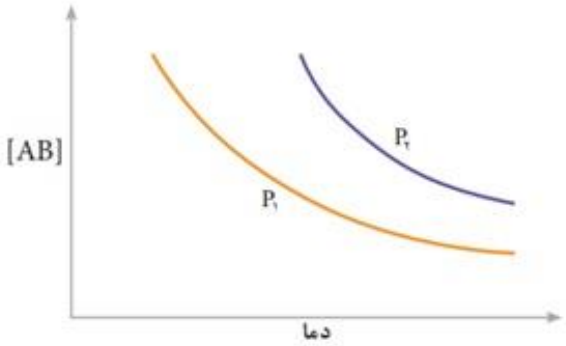
پ) مقدار ثابت تعادل آن در سه دمای ۲۵، ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس به صورت زیر است.

$$K_1 = 6/2 \times 10^{-4} \quad , \quad K_2 = 2/24 \quad , \quad K_3 = 6/0 \times 10^{5}$$

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

خود را بیازمایید

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



آ) این واکنش گرماده است یا گرماگیر؟ چرا؟

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

Dr. Hasan Pilvi

تست ۱: اگر در تعادل گازی: $2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$ دمای سامانه را کاهش دهیم چه تعداد از مطالب زیر نادرست بیان شده است:

- رنگ مخلوط کم رنگ‌تر می‌شود.
- درصد مولی NO در مخلوط افزایش می‌یابد.
- سرعت هر دو واکنش رفت و برگشت کاهش می‌یابد.
- ثابت تعادل کاهش می‌یابد.
- فشار در تعادل جدید نسبت به تعادل اولیه افزایش می‌یابد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۲: با توجه به داده‌های جدول زیر در مورد تعادل $x \rightleftharpoons y$ کدام گزینه نادرست است؟

دما	تعادلی [y]	تعادل [x]
۲۰	۰/۸	۰/۰۱
۱۰۰	۰/۶	۰/۰۵
۳۰۰	۰/۴۵	۰/۰۹

۱) واکنش در جهت رفت گرماده است.

۲) انرژی فعال سازی واکنش رفت بیشتر از واکنش برگشت است.

۳) x از y ناپایدارتر است.

۴) سطح انرژی x بالاتر از y است.

تست ۳: اگر افزایش دما و نیز افزایش حجم تعادل گازی $aA \rightleftharpoons bB$ را به سمت مستقیم (رفت) جابجا کند کدام گزینه نادرست است؟

۱) سطح انرژی فرآورده‌ها از واکنش دهنده‌ها کمتر است.

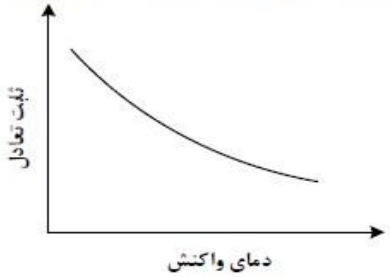
۲) $b > a$ بوده و با افزایش فشار درصد مولی B در مخلوط کاهش می‌یابد.

۳) واکنش تجزیه B گرماده است.

۴) با افزایش دما سرعت واکنش رفت و برگشت هر دو افزایش می‌یابد.

تست ۴ :

شکل داده‌شده، روند تغییر مقدار ثابت تعادل یک واکنش گازی را با تغییر دمای واکنش نشان می‌دهد. کدام مورد درست است؟



۱) می‌تواند به واکنش: $N_2H_4 + H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$، مربوط باشد.

۲) می‌تواند به واکنش: $2SO_3 \rightleftharpoons 2SO_2 + O_2$، مربوط باشد.

۳) افزایش دمای واکنش، غلظت فراورده‌ها را در مخلوط تعادلی افزایش می‌دهد.

۴) کاهش دمای واکنش، غلظت اجزا را در مخرج کسر محاسبهٔ مقدار ثابت تعادل، افزایش می‌دهد.

Dr. Hasan Pilvi

تست ۵: (ریاضی تیر ۱۴۰۳)

با توجه به تعادل گازی: $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$, $\Delta H > 0$ (بی‌رنگ، بنفش رنگ، بی‌رنگ)، که در ظرف ۱۰ لیتری برقرار است، کدام موارد زیر درست است؟

الف: با افزایش دما، رنگ مخلوط گازی، تیره‌تر می‌شود.

ب: با انتقال تعادل به یک ظرف ۵ لیتری، غلظت گاز HI، ثابت می‌ماند.

پ: با تزریق مقداری گاز HI به ظرف واکنش، غلظت گازهای H_2 و I_2، به یک نسبت افزایش می‌یابد.

ت: اگر ۰/۱ مول فراورده از ظرف واکنش خارج شود، میزان تغییر مولی هریک از واکنش‌دهنده‌ها کمتر از ۰/۱ خواهد بود.

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

تست ۶: (ریاضی تیر ۱۴۰۳)

واکنش‌های گازی زیر، در دو ظرف جداگانه دربسته و در دمای ثابت در حالت تعادل قرار دارند. کدام مورد دربارهٔ آنها درست است؟

I) $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$, $\Delta H > 0$

II) $CO + 3H_2 \rightleftharpoons CH_4 + H_2O$, $\Delta H < 0$

۱) افزایش دما در واکنش (I)، برخلاف افزایش حجم ظرف در واکنش (II)، غلظت فراورده‌ها را کاهش می‌دهد.

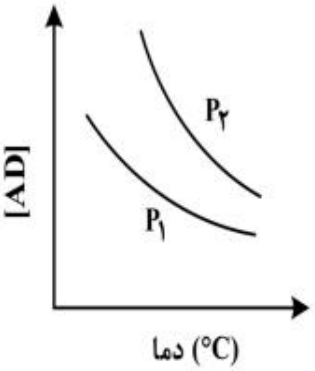
۲) کاهش حجم ظرف در واکنش (I)، همانند کاهش دما در واکنش (II)، غلظت فراورده‌ها را افزایش می‌دهد.

۳) افزایش غلظت $CO(g)$ در واکنش (II)، همانند افزایش غلظت این گاز در واکنش (I)، مقدار K واکنش را افزایش می‌دهد.

۴) کاهش فشار در واکنش (I)، برخلاف افزایش حجم ظرف در واکنش (II)، تعادل را در جهت برگشت جابه‌جا می‌کند.

تست ۷: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

نمودار زیر، تغییر غلظت مولی فراورده را برای واکنش: $A(g) + D(g) \rightleftharpoons AD(g)$، در دو شرایط متفاوت نشان می‌دهد. کدام مورد درست است؟ (P، فشار است.)



۱) $P_1 < P_2$ و با کاهش دما، مقدار K واکنش افزایش می‌یابد.

۲) $P_2 < P_1$ و با افزایش فشار، تعادل به سمت راست جابه‌جا می‌شود.

۳) $P_2 < P_1$ و با کاهش دما، مقدار A و D، به یک نسبت تغییر می‌کند.

۴) $P_1 < P_2$ و با افزایش حجم ظرف، غلظت گاز A و مقدار گاز AD افزایش می‌یابد.

Dr. Hasan Pelvi

یادآوری: طبق اصل لوشاتلیه تغییر غلظت یک ماده و نیز تغییر فشار (حجم)، تعادل را در جهتی جابجا می‌کند که اثر تحمیل را تا حد امکان از بین ببرد ولی معمولاً نمی‌تواند بطور کامل اثر تغییر را جبران کند و آن را به حد اولیه برساند.

مثال: در ظرفی در بسته تعادل گازی تولید آمونیاک به روش هابر برقرار است، در اثر وارد شدن هر یک از تحمیلهای زیر، مقدار این متغیر را در تعادل ثانویه اولیه مقایسه کنید.

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

الف) افزایش غلظت N_2 :

ب) کاهش غلظت H_2 :

پ افزایش غلظت NH_3 :

ت کاهش غلظت NH_3 :

ج) افزایش فشار:

ح) کاهش فشار:

نکته: در تعادلهایی که مقدار K فقط وابسته به غلظت یک ماده است، با تغییر غلظت آن ماده و یا تغییر فشار ، اثر تحمیل به طور کامل جبران می‌شود. زیرا K_1 و K_2 می‌بایست با هم برابر باشند و در نتیجه غلظت ماده مورد نظر باید در تعادل قدیم و جدید با هم برابر باشند اما چون تغییر دما ، K را تغییر می‌دهد، با تغییر دما غلظت آن ماده اجباراً تغییر خواهد کرد.

تست: تعادل $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ در ظرفی دربسته برقرار است، کدام گزینه درست می‌باشد؟

۱) با افزایش فشار (کاهش حجم) تعادل به برگشت آمده و غلظت CO_2 در تعادل جدید کاهش می‌یابد.

۲) با کاهش غلظت CO_2 تعادل به سمت رفت می‌رود اما نمی‌تواند مقدار آن را به حالت اولیه برساند.

۳) افزایش مقدار کلسیم کربنات و نیز افزایش دما باعث افزایش $[CO_2]$ می‌شود.

۴) با افزایش غلظت CO_2 و یا افزایش فشار، تعادل به برگشت آمده به شکلی که غلظت CO_2 برابر با تعادل اولیه شود.

استفاده از کاتالیزگر در واکنش‌های تعادلی:

کاتالیزگر بر روی جابجایی تعادل و K تأثیری ندارد.

هر چند با استفاده از کاتالیزگر در یک واکنش برگشت پذیر، سرعت رفت و برگشت افزایش می‌یابد و واکنش زودتر به تعادل می‌رسد.

Dr. Hasan Pelvi

آمونیاک و نقش آن در کشاورزی و صنعت

آمونیاک ماده پرارزشی برای تولید کودهای شیمیایی مواد منفجره و بسیاری از فرآورده‌های صنعتی می‌باشد.


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

۲- گیاهان برای رشد علاوه بر CO_2 و H_2O به عنصرهایی مانند N، P، S، K و... نیز نیاز دارند. با آنکه ۷۸٪ حجم هواکره را گاز N_2 تشکیل می‌دهد ولی گیاهان نمی‌توانند نیتروژن را به حالت عنصری (N_2) از هوا جذب کنند. در نتیجه این عنصر را به شکل تزریق آمونیاک مایع به خاک یا به شکل کود شیمیایی اوره و ... می‌توان وارد خاک کرد.

۳- برای تولید آمونیاک می‌توان از واکنش $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ استفاده کرد اما به دلیل آنتالپی پیوند زیاد واکنش‌دهنده‌ها (E_a زیاد) ، واکنش پذیری N_2 و H_2 به حدی کم است که در دمای اتاق حتی با ایجاد جرقه و کاتالیزگر این واکنش پیش نمی‌رود. هرچند ثابت تعادل آن در دمای ۲۵ °C برابر 6×10^5 می‌باشد.

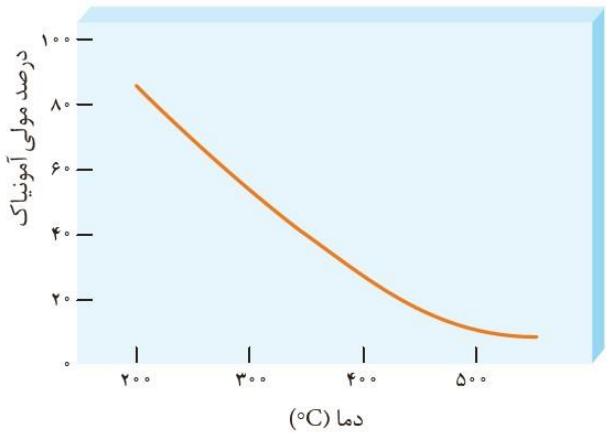
اقدامات هابر برای تولید آمونیاک

همان گونه که ذکر شد برای تولید آمونیاک می‌توان از واکنش $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ استفاده کرد؛ هم قیمت مواد اولیه (بخصوص نیتروژن) مناسب است و هم ثابت این تعادل در دمای ۲۵ °C بسیار زیاد است. اما مهم‌ترین مشکل سرعت بسیار ناچیز این واکنش به دلیل انرژی فعال سازی زیاد آن است. هابر برای برطرف کردن این مشکل اقدامات زیر را انجام داد:

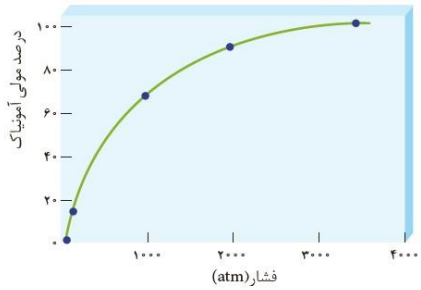
A) **استفاده از کاتالیزگر (آهن):** آهن با کاهش E_a و E'_a، سرعت رفت و برگشت را افزایش داده و باعث ایجاد تعادل در زمان کوتاه‌تر می‌شود.

B) **افزایش دما (۴۵۰ °C):** افزایش دما باعث افزایش سرعت رفت و برگشت می‌شود و در نتیجه تعادل در زمان کوتاه‌تر ایجاد می‌شود.

نکته: با توجه به گرماده بودن واکنش $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 92kj$ با افزایش دما تعادل به سمت برگشت جابجا شده و درصد مولی NH_3 و نیز ثابت تعادل (K) کاهش می‌یابد. اما چون ثابت تعادل آن بسیار بزرگ است افزایش دما تا ۴۵۰ °C در کل مطلوب ترین حالت است.



Dr. Hasan Pelvi

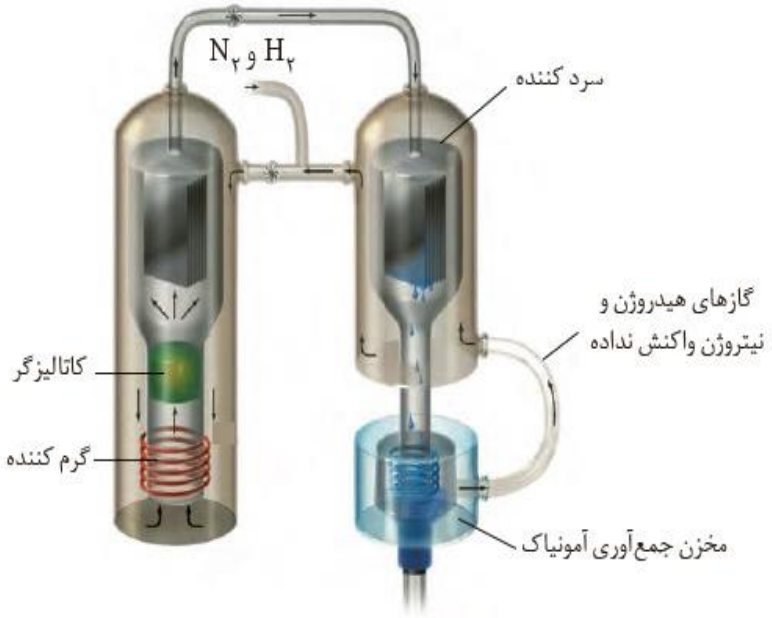


C) **افزایش فشار (۲۰۰ atm)**: برای کم کردن اثر منفی افزایش دما ، بر فشار سامانه را به ۲۰۰ اتمسفر رساند. با افزایش فشار تعادل به سمت راست جابجا میشود و درصد مولی آمونیاک افزایش می‌یابد هر چند K تغییر نمی‌کند.

نکته: درصد مولی و حجمی آمونیاک در مخلوط تعادلی با برقراری شرایط فوق ٪۲۸ خواهد بود.

D) **سرد کردن مخلوط تعادلی به حدود ۴۰°C-**: در انتهای واکنشگاه اصلی، دمای مخلوط را به ۴۰°C- می‌رسانند تا NH_3 از حالت گاز به مایع تبدیل شده و آن را از گازهای N_2 و H_2 جدا می‌کنند.

✓ **نکته**: نقطه میعان گازهای N_2 و H_2 و NH_3 به ترتیب ۱۹۶-، ۲۵۳-، ۳۴ °C- می‌باشد، در نتیجه در دمای ۴۰ °C- فقط NH_3 به حالت مایع در می‌آید.



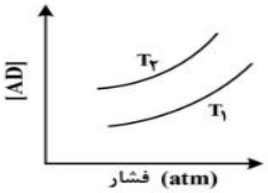
تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر در مورد فرآیند تولید آمونیاک به روش فریتس هابر نادرست است؟

- در دمای ۲۵°C پیشرفت آن زیاد اما سرعت انجام آن تقریباً صفر است.
- شرایط بهینه این واکنش دمای ۲۰۰°C و فشار ۴۵۰ atm می‌باشد.
- افزایش فشار و افزایش دما باعث افزایش درصد مولی آمونیاک و ثابت تعادل می‌شود.
- استفاده از آهن و افزایش دما انرژی فعال سازی را کاهش داده و باعث کوتاه شدن زمان ایجاد تعادل می‌شوند.
- در هنگام برقراری تعادل ٪۲۸ جرمی مخلوط را آمونیاک تشکیل می‌دهد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۲: (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

نمودار زیر، تغییر غلظت مولی فراورده را برای واکنش: $A(g) + D(g) \rightleftharpoons AD(g)$ ، $\Delta H < 0$ ، در دو شرایط متفاوت نشان می‌دهد. کدام مورد درست است؟ (T: دما است.)



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

Dr. Hasan Pelvi

ارزش فناوری‌های شیمیایی

فناوری: به کار بردن دانش برای حل یک مساله در صنعت یا زندگی روزمره ، برای رسیدن به هدفی خاص.

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

۲- در فناوری شیمیایی شیمیدان ها به دنبال موارد زیر هستند:

ساخت مواد جدید، ارائه روشی برای ساخت آسان‌تر و ارزان‌تر مواد، و همچنین یافتن روش و طراحی دستگاه هایی برای شناسایی دقیق ساختار مواد.

۳- منظور از «خام فروشی» این است که کشوری منابع طبیعی خود را بدون فرآوری مناسب به همان صورتی که از طبیعت به دست می‌آید، بفروشد.

۴- «مواد خام» موادی هستند که فرآوری نشده‌اند و با استفاده از آنها می‌توان مواد شیمیایی جدید تولید کرد. (مانند نمک ، سنگ معدن ، نفت خام و هوا)

۵- روند کلی افزایش بهره وری با استفاده از فناوریهای شیمیایی:



روند کلی افزایش بهره‌وری با استفاده از فناوری‌های شیمیایی

۶- قیمت جهانی نفت خام و چند فرآورده نفتی (با جرم یا حجم برابر):



متانول > بنزین > نفت خام > پلی اتن = اتانول > اتیلن گلیکول

منظور از «فرآوری» کار کردن روی ماده‌ای خام یا مواد اولیه تا آن را به فرآورده‌ای دلخواه تبدیل کرد.

به عنوان نمونه تبدیل نفت خام به فرآورده‌های پتروشیمایی پرارزش مانند آمونیاک، بنزین و ... و یا فرآوری و تبید سنگ معدن مس به مس با خلوص ۹۹/۹ درصد که هزاران برابر سنگ معدن اولیه به فروش می‌رسد.

Dr. Hasan Pilvei

سنتز گروه عاملی ترکیبات آلی از یکدیگر

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

۱. تولید رنگ دانه‌ها خوشبو کننده‌ها داروهای ضد سرطان الیاف، سوخت های دوستدار محیط زیست و مواد هوشمند از مواد ساده تر از جمله کاربردهای سنتز در دنیای کنونی است.

۲. سنتز یک ماده آلی جدید می‌تواند با تغییر ساختار با ایجاد یک یا چند گروه عاملی همراه باشد. هر چه تعداد و نوع گروههای عاملی در مولکول هدف بیشتر باشد ساخت آن دشوارتر و به فناوری و دانش پیشرفته‌تری نیاز دارد.

۳. بازده واکنش هزینه مواد و انرژی مصرف شده برای تولید ماده هدف به نوع واکنش و فناوری به کار رفته بستگی دارد.

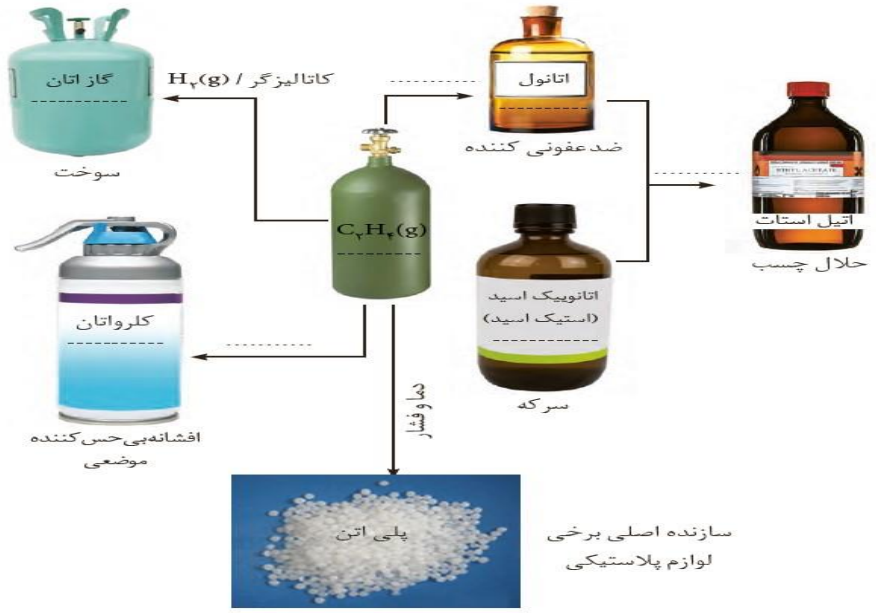


صنایع مهمی که از تولیدات صنایع شیمیایی استفاده می‌کنند

Dr. Hasan Pelvi

سنتز ترکیبات آلی از گاز اتن

گاز اتن به دلیل داشتن یک پیوند سُست، تمایل زیاد به واکنش افزایشی داشته و به عنوان ماده اولیه تولید (سنتز) بسیاری از ترکیبات آلی به کار می‌رود.



A) **تولید گاز اتان**: اتان نوعی سوخت است.

$$CH_2 = CH_2(g) + H_2(g) \xrightarrow{Ni} CH_3 - CH_3(g)$$

B) **تولید کلرواتان:**

$$CH_2 = CH_2(g) + HCl(g) \rightarrow CH_3 - CH_3Cl(g)$$

کلرواتان به عنوان افشانه بی‌حس کننده موضعی کاربرد دارد.

C) **تولید اتانول:**

$$CH_2 = CH_2(g) + H_2O(L) \xrightarrow{H_2SO_2} CH_3 - CH_2 - OH(L)$$

اتانول نقش ضدعفونی کنندگی دارد و نیز در ساخت فراورده‌های دارویی بهداشتی و صنعتی از جمله اتیل استات به‌کار می‌رود.

- تولید اتیل استات (حلال چسب) از استیک اسید و اتانول:

$$CH_3 - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - O - H \; + \; CH_3 - CH_2 - O - H \xrightarrow{\text{کاتالیزور}} CH_3 - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - O - CH_2 - CH_3 + H_2O$$

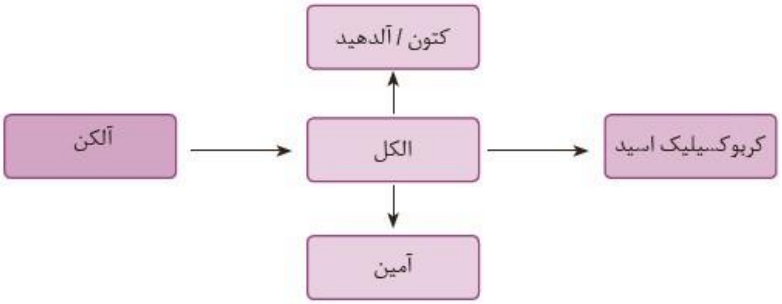
D) **تولید پلی اتن**:

$$nCH_2 = CH_2(g) \rightarrow [CH_2 - CH_2]_n(s)$$

پلی اتن سازنده برخی لوازم پلاستیکی است.

Dr. Hasan Pelvi

تبدیل الکل‌ها به مواد آلی دیگر:



تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر درست است؟

- فناوری اغلب با ساخت یا استفاده از یک وسیله همراه است.
- فرآوری به معنای تبدیل ماده خام به مواد اولیه صنایع می‌باشد.
- سنتز یک فرآیند شیمیایی است که مواد پیچیده به مواد دیگر تبدیل می‌شوند.
- فرآورده ی واکنش گاز اتن با HCl و H_2O به ترتیب به عنوان سوخت و ضد عفونی کاربرد دارند.
- اتیل استات نوعی استر است که از واکنش اتن و اتانول بدست می‌آید و حلال چسب می‌باشد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۰

تست ۲: با توجه به واکنشهای متوالی زیر، کدام گزینه نادرست است؟

$$A + H_2O \rightarrow B \xrightarrow{\text{اکسایش}} CH_3 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} H_2 - O - H$$

۱) A برخلاف B فاقد توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی است.

۲) A برخلاف B سیر نشده است.

۳) A و B می‌توانند برای تولید پلیمر به کار روند (به عنوان مونومر).

۴) A با سیکلوپروپان ایزومر است.

$$A + H_2O \rightarrow B \xrightarrow{\text{اکسایش}} CH_3 - CH_2 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - O - H$$

تست ۳: (ریاضی تیر ۱۴۰۳)

کدام مورد، نادرست است؟

۱) بازده واکنش و هزینهٔ مواد و انرژی مصرف‌شده برای تولید فراورده‌ها، به نوع واکنش و فناوری به‌کار رفته بستگی دارد.

۲) حلّال چسب، از واکنش پرکاربردترین اسید آلی با نوعی الکل ضدعفونی‌کننده و در محیط اسیدی، تشکیل می‌شود.

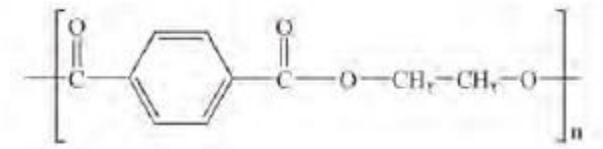
۳) پلی‌اتن، یکی از مهم‌ترین خوراک‌ها در صنایع پتروشیمی به‌شمار می‌آید.

۴) یکی از کاربردهای اتان، استفاده از آن به‌عنوان سوخت است.

Dr. Hasan Pilvi

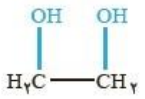
پت PET

پلی اتیلن ترفتالات (PET) نوعی پلی استر می‌باشد که برای ساخت بطریهای پلاستیکی آب آشامیدنی به کار می‌رود، فرمول ساختاری پت:



و مونومر های آن :


ترفتالیک اسید

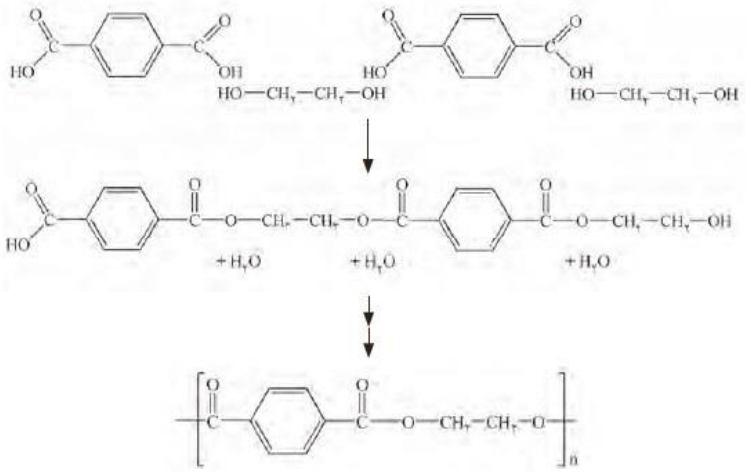

اتیلن گلیکول

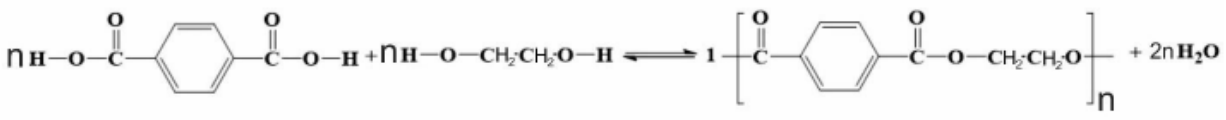
یادآوری: پلی استرها نوعی پلیمر تراکمی هستند که دارای گروه استری $(-C(=O)-O-)$ باشند برای تولید پلی استر می‌توان n عدد «دی اسید» را با n عدد «دی الکل» واکنش داد تا یک مولکول پلی استر که واحد تکرار شونده آن n بار تکرار می‌شود تولید کرد، از دی اسید گروه های $O-H$ و از دی الکل H جدا می‌شود:

$$\text{n دی اسید} + \text{n دی الکل} \rightleftharpoons \text{۱ پلی استر} + 2nH_2O$$

این واکنش برگشت پذیر است و در واکنش برگشت آب به شکل H و OH در آمده و پیوند درون گروه‌های استری توسط آنها شکسته شده و دی اسید و دی الکل سازنده، مجدد تولید می‌شود.

تولید PET


الگوی تولید PET


ترفتالیک اسید اتیلن گلیکول(ضد یخ) پلی اتیلن ترفتلات

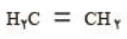
Dr. Hasan Pelvi

تولید مونومرهای سازنده PET

ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول در نفت خام وجود ندارند در نتیجه این دو مولکول را از اکسایش دو مولکول پارازایلن و اتن که در نفت خام وجود دارند، تولید می‌کنند.

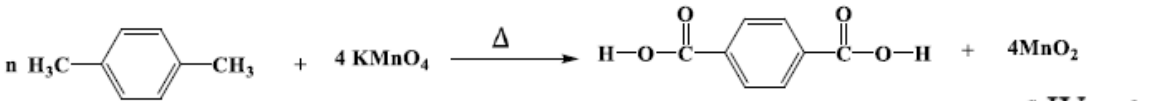


پارازایلن



اتن

سنتز ترفتالیک اسید از پارازایلن



پارازایلن (اکسنده قوی) ترفتالیک اسید منگنز IV اکسید

۱- در این واکنش عدد اکسایش دو کربن متصل به حلقه بنزنی از ۳- به ۳+ افزایش می‌یابد. به عبارتی هر کدام از این دو کربن ۶ درجه اکسایش می‌یابد پس هر مولکول پارازایلن در کل ۱۲ درجه اکسایش می‌یابد.

۲- عدد اکسایش هر اتم منگنز در پتاسیم پرمنگنات ($KMnO_4$) از ۷+ به ۴+ در منگنز IV اکسید (MnO_2)، کاهش می‌یابد. به عبارتی هر اتم منگنز ۳ درجه کاهش می‌یابد.

۳- معادله نوشته شده کامل نیست و فقط نسبت ضرایب مواد اکسنده و کاهنده ذکر شده است.

۴- محلول $KMnO_4$ غلیظ در دمای اتاق نمی‌تواند پارازایلن را به ترفتالیک اسید تبدیل کند زیرا انرژی فعال سازی واکنش زیاد است. بنابراین این واکنش در دماهای بالا انجام می‌شود که بازدهی نسبتاً خوبی دارد.

۵- برای افزایش بازدهی تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید شیمی دان ها متوجه شده اند که استفاده از اکسیژن هوا و کاتالیزگر میتواند کارآمد باشد.

سنتز اتیلن گلیکول از اتن



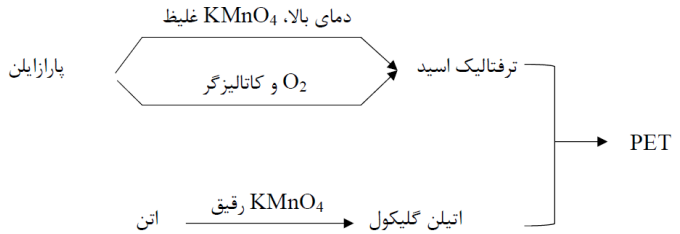
اتن اتیلن گلیکول

۱- از محلول پتاسیم پرمنگنات رقیق به عنوان اکسنده استفاده می‌شود.

۲- عدد اکسایش هر کربن اتن از ۲- به ۱- افزایش می‌یابد. به عبارتی هر کربن یک درجه اکسایش یافته و هر مولکول اتن در کل ۲ درجه اکسایش می‌یابد.

Dr. Hasan Pilvi

جمع بندی کلی تولید PET



تست ۱: در تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید در حضور پتاسیم پرمنگنات غلیظ و دمای بالا چند مورد از مطالب زیر درست است؟ $(C = 12\ ,\ H = 1\ ,\ O = 16)$

- در مجموع عدد اکسایش اتمهای کربن در یک مولکول ترفتالیک اسید نسبت به پارازایلن ۱۲ واحد افزایش می‌یابد.
- با فرض بازدهی ٪۱۰۰ به ازای مصرف ۰/۱ مول پارازایلن ۱۶/۶ گرم ترفتالیک اسید تولید می‌شود.
- استفاده از گاز اکسیژن و کاتالیزگر باعث بالاتر رفتن بازده می‌شود.
- اکسنده واکنش پارازایلن و کاهنده واکنش منگنز IV اکسید است.
- هر مول یون پرمنگنات ۳ درجه اکسایش می‌یابد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۲: کدام گزینه در مورد PET و مونومرهای سازنده آن نادرست است؟

۱) اگر تعداد واحد تکرار شونده آن ۳۰۰ باشد (n = ۳۰۰)، مولکول PET حدود ۱۵۰۰ پیوند دوگانه دارد.

۲) اگر تعداد واحد تکرار شونده آن ۴۰۰ باشد (n = ۴۰۰) برای شکستن هر مولکول PET به ۸۰۰ مولکول آب نیاز است.

۳) مونومرهای آن دارای ۸ و ۴ جفت الکترون ناپیوندی می‌باشند.

۴) مونومرها و مولکول‌هایی که مونومرها از آنها ساخته می‌شوند همگی سیر نشده هستند.

تست ۳: کدام مورد، نادرست است؟ (تجربی تیر ۱۴۰۳)

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

Dr. Hasan Pilvi

بازیافت PET

۱-PET و سایر پلاستیک ها به دلیل چگالی کم، نفوذ ناپذیری نسبت به هوا و آب ، ارزان بودن و مقاومت در برابر خوردگی کاربردهای وسیعی در زندگی پیدا کرده اند و تولید آنها رو به افزایش است.

۲- زیست تخریب ناپذیر بودن پلاستیک ها از جمله معایب آنهاست.

۳- پلی اتیلن ترفتالات از جمله پلاستیک هایی است که قابل بازیافت است که به دو صورت بازیافت فیزیکی و شیمیایی امکان پذیر است.

بازیافت فیزیکی PET: می‌توان آن را ذوب کرده و مجدد در تولید وسایل دیگر از آن استفاده کرد. و یا با خرد کردن و تبدیل آن به تکه های کوچک به نام «پرک» با آن وسایل پلاستیکی تهیه کرد.

بازیافت شیمیایی PET: تبدیل آن به مونومرهای سازنده اش و یا واکنش اتن با متانول و تولید موادی کاربردی.

واکنش PET با متانول

۱- یکی از روشهای شیمیایی بازیافت PET واکنش آن با متانول و تولید مواد مفید و کاربردی می‌باشد.

۲- متانول (CH_3OH) ساده ترین الکل بوده و مایعی بی رنگ و بسیار سمی است. این الکل را می‌توان از چوب به دست آورد اما به دلیل کاربرد وسیع آن در صنایع به دو روش زیر در مقیاس صنعتی آن را تولید کنند.

الف) تولید غیر مستقیم متانول از متان:

مرحله ۱ :
$$CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow[\text{دمای } 450^\circ - 550^\circ]{\text{کاتالیزور}} CO(g) + 3H_2(g)$$

مرحله ۲ :
$$CO(g) + 2H_2(g) \xrightarrow[\text{دمای } 350^\circ \text{ و فشار } 30-50\ atm]{\text{کاتالیزور}} CH_3OH(L)$$

ب تولید مستقیم متانول از متان

$$2CH_4(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزور}} 2CH_3OH(L)$$

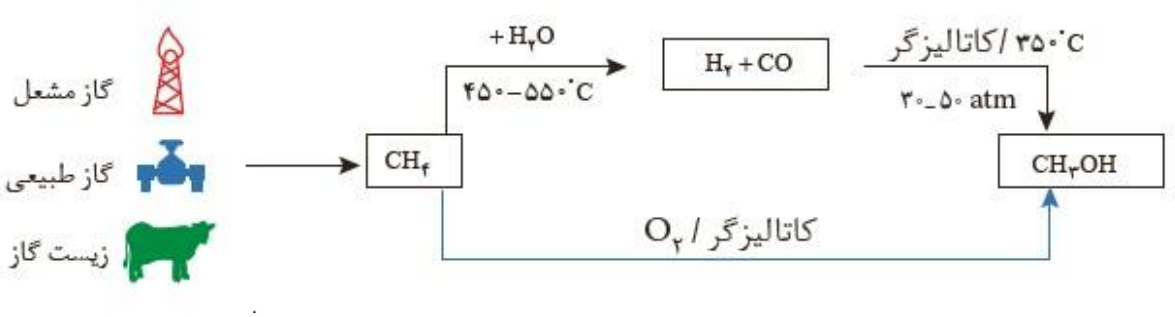
Dr. Hassan Pilvei

نکته ۱: در تولید متانول به روش مستقیم ، نیاز به دمای بالا نیست. بنابراین مصرف سوخت کمتر بوده و CO_2 کمتری تولید میشود.

نکته ۲: گاز CH_4 سازنده اصلی گاز طبیعی و نیز گاز مشعل بوده و در میدان های نفتی به فراوانی یافت می‌شود. جانوران نیز مقدار زیادی گاز متان را در دستگاه گوارش خود تولید می‌کنند (زیست گاز). بنابراین این گاز را می‌توان از این منابع ارزان قیمت به دست آورد. این گاز واکنش پذیری بسیار کمی دارد.

نکته ۳: تبدیل گاز متان به متانول فرآیندی دشوار است.

جمع بندی تولید متانول از متان



تست: کدام گزینه درست می‌باشد؟

۱) ذوب کردن تبدیل به ذرات پرک و واکنش با متانول روش های بازیافت فیزیکی PET می‌باشند.

۲) متانول را می‌توان از تخمیر چوب و یا در مقیاس صنعتی به طور مستقیم یا غیر مستقیم از متان بدست آورد.

۳) در تولید مستقیم متانول از متان ابتدا متان را با آب واکنش داده و فرآورده های حاصل در شرایط مناسب با هم واکنش داده و متانول تولید می‌کنند.

۴) گاز متان واکنش پذیر نبوده و از میدان های نفتی می‌توان آن را تهیه کرد.

دیدگاه اتمی در شیمی سبز

براساس اصول شیمی سبز یک واکنش شیمیایی هنگامی از دیدگاه اتمی به صرفه‌تر است که شمار بیشتری از اتم های واکنش دهنده به فرآورده‌های مفید تبدیل شود.

مثال: برای تولید ماده A می‌توان بنزن (C_6H_6) را در دو واکنش زیر شرکت داد. در واکنش اول غیر از ماده با ارزش A دو فرآورده کم ارزش به عنوان پسماند تولید می‌شوند. اما در واکنش دوم غیر از فرآورده هدف (A) استون نیز به دست می‌آید که یک حلال صنعتی و مفید است. در نتیجه واکنش دوم از دیدگاه اتمی و براساس اصول شیمی سبز مناسب‌تر است زیرا همه اتم های واکنش دهنده تبدیل به فرآورده‌های کاربردی شده‌اند.

$$C_6H_6 + H_2SO_4 + NaOH \longrightarrow A + X + Y$$

$$C_6H_6 + C_3H_6 + O_2 \longrightarrow A + Z$$

Dr. Hasan Pelvi

تمرین های دوره ای

تمرین‌های دوره‌ای

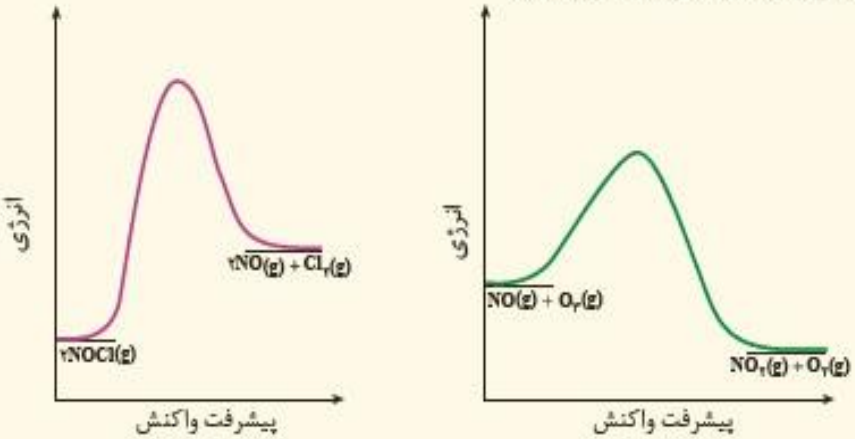
۱ـ برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

آ) استفاده از کاتالیزگر در صنایع گوناگون سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

ب) در تعادل‌های گازی گرماگیر با افزایش دما در فشار ثابت، K افزایش می‌یابد.

پ) واکنشی که در آن از یک هیدروکربن، ترکیب آلی اکسیژن‌دار تولید می‌شود، یک واکنش اکسایش ـ کاهش است.

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



آ) انرژی فعال‌سازی و آنتالپی هر واکنش را روی نمودار مشخص کنید.

ب) سرعت کدام واکنش در شرایط یکسان کمتر است؟ چرا؟

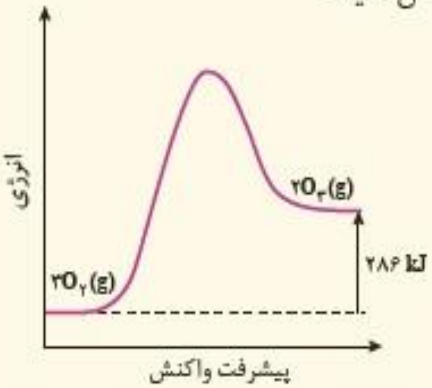
۳ـ در کدام سامانه تعادلی زیر، کاهش حجم سامانه در دمای ثابت سبب افزایش مقدار فراورده‌ها می‌شود؟ توضیح دهید.

آ) $2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

ب) $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

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

۴ـ با توجه به نمودار روبه‌رو، درستی یا نادرستی هر یک از جمله‌های زیر را مشخص کنید:



آ) انرژی فعال‌سازی از آنتالپی واکنش بزرگ‌تر است.

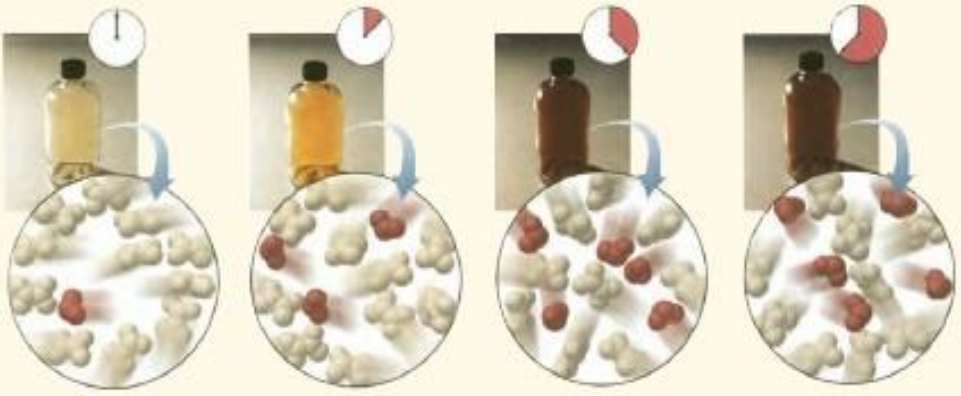
ب) آنتالپی (محتوای انرژی) فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها کمتر است.

پ) مجموع آنتالپی پیوندها در واکنش‌دهنده‌ها بزرگ‌تر از فراورده‌ها است.

ت) اگر این واکنش درون سیلندر با پیستون روان به تعادل برسد، با افزایش فشار در دمای ثابت، شمار مول‌های اوزون کاهش می‌یابد.

Dr. Hasan Pelvi

۵ـ شکل زیر پیشرفت واکنش تبدیل گاز بی‌رنگ N_2O_4 به گاز قهوه‌ای رنگ NO_2 را با گذشت زمان در دمای ثابت نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

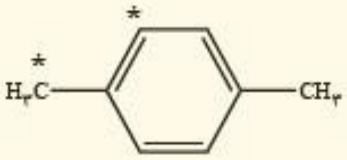


آ) آیا واکنش به تعادل رسیده است؟ توضیح دهید.

ب) اگر حجم سامانه ۲ لیتر و هر ذره هم ارز با ۰/۰۱ مول از آن گونه باشد، ثابت تعادل واکنش زیر را در این دما حساب کنید.

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

۶ـ با توجه به ساختار ترکیب‌های آلی زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.



(۲)

CH_3OH

(۱)

آ) عدد اکسایش هر یک از اتم‌های کربن ستاره‌دار را تعیین کنید.

ب) در تبدیل ترکیب (۲) به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش کدام اتم ستاره‌دار تغییر می‌کند؟ توضیح دهید.

پ) روش تهیه یک دی‌استر از مواد (۱) و فراورده حاصل از اکسایش (۲) را با نوشتن معادله‌های شیمیایی موازنه شده نشان دهید.

۷ـ هر یک از موارد زیر سنتز یک فراورده هدف را نشان می دهد. هر نقطه‌چین را با فرمول شیمیایی مناسب پر کنید.

(آ)
- گاز اتن + ... ⟶ اتانول
- اتانول + ... ⟶ حلال چسب

(ب)
- گاز اتن + محلول آبی و رقیق پتاسیم پرمنگنات ⟶ .....
- اتیلن گلیکول + ... ⟶ PET

Dr. Hasan Pelvi

تست جامع فصل

تست ۱ : اگر در واکنش فرضی: $2AB \rightarrow A_2+B_2$ با $\Delta H = -185kj$ مقدار E_a رفت با بهره گیری از کاتالیزگر و بدون کاتالیزگر به ترتیب ۱۳۰ و ۳۸۰ کیلوژول باشد چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- در نبود کاتالیزگر E_a برگشت kj ۴۶۵ است.
- در حضور کاتالیزگر E_a برگشت kj ۳۱۵ است.
- . تفاوت سطح انرژی قله نمودار در دو حالت kj ۷۵ است.
- . تفاوت E_a واکنش در جهت برگشت در دو حالت kj ۲۵۰ است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۲: دو مول اکسید فلز M و یک مول کربن مونوکسید در ظرف یک لیتری گرما داده شده اند تا تعادل زیر برقرار شود در حالت تعادل نسبت مولی $\frac{MO}{M}$ کدام است؟

$$CO(g) + MO(S) \rightleftharpoons M(S) + CO_2(g)$$

۱) ۱۶ ۲) ۱۲ ۳) ۹ ۴) ۴

تست ۳: اگر در واکنش تعادلی $2A_2(g) \rightleftharpoons D_2(g)$ مقدار $K = 1$ باشد بازده ی درصدی واکنش هنگامی که غلظت اولیه A_2 ، 1 مولار باشد کدام است؟

۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۷۵ ۴) ۸۵

تست ۴: ۲ مول AX_2 در یک ظرف ۵ لیتری در بسته گرما داده می.شود اگر مقدار K برای واکنش $AX_2(S) \rightleftharpoons A_2(g) + X_2(g)$ در دمای ۱۰۰° و ۳۰۰° به ترتیب 10^{-4} و 10^{-1} ۱۰ باشد. غلظت تعادلی X_2 در ۳۰۰° چند برابر آن در ۱۰۰° است؟

۱) ۲۵/۴ ۲) ۳۱/۶ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۰۰۰

Dr. Hasan Pilvi

تست ۵: چند مورد از مطالب زیر درست‌اند؟

- مقدار گاز CO خروجی از اگزوز خودرو بیشتر از مقدار NO همراه آن است.
- تبدیل NO به N_2 و O_2 در مبدل کاتالیستی، واکنشی گرماده بوده و E_a آن از E_a تبدیل CO به CO_2 بیشتر است.
- در مبدل کاتالیستی فلزاتی مانند رادیم پلاتین و پالادیوم به صورت لایه‌ای به قطر ۲ تا ۱۰ میکرومتر به کار می‌رود.
- با استفاده از مبدلهای کاتالیستی تک مرحله‌ای ، می‌توان از ورود آلاینده های کربن دار و نیتروژن دار به هواکره جلوگیری کرد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۶: با توجه به ساختار مولکولی ترکیب داده شده کدام مورد از مطالب زیر درست است؟



الف) فرمول مولکولی آن و نفتالن یکسان است.

ب) مجموع اعداد اکسایش اتمهای کربن آن ۱۰- است.

پ) در تبدیل آن به ترفتالیک اسید عدد اکسایش هر کربن متیل ۶ واحد افزایش می‌یابد.

ت) با استفاده از اتن و یک اکسنده ی مناسب، به ترفتالیک اسید تبدیل می‌شود.

۱) الف، پ ۲) الف، ت ۳) ب، ت ۴) ب، پ

تست ۷: اگر در یک واکنش گازی تعادلی در یک سیلندر با پیستون روان، با افزایش دمای سامانه و اضافه شدن یک گاز بی اثر درصد فرآورده‌ها در مخلوط افزایش یابد کدام مطلب درست است؟

۱) واکنش گرماده و شمار مول های فرآورده (ها) کمتر از واکنش دهنده(ها) است.

۲) واکنش گرماگیر است و کاهش حجم سامانه تعادل را در جهت برگشت جابجا می‌کند.

۳) واکنش گرماگیر است و تغییر حجم سامانه بر جابجایی تعادل بی اثر است.

۴) واکنش گرماده است و کاهش فشار دمای سامانه را افزایش می‌دهد.

Dr. Hasan Pilvi