



آلاینده‌ها

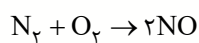
بررسی آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها

آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها عبارتند از: CO و SO_x ، NO ، C_xH_y .

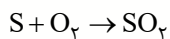
نحوه‌ی تولید هر کدام از این گازها به صورت زیر می‌باشد:

۱- C_xH_y سوختی است که حاصل از سوختن ناقص بنزین به صورت واکنش نداده و نسوخته وارد هوا کره می‌شود.

۲- N_2 و O_2 موجود در هوا در مجاورت گرمای بسیار زیاد موجود در موتور خودرو (که بیشتر از 1000°C درجه است) با هم واکنش می‌دهند و گاز NO را ایجاد می‌کنند:



۳- به علت وجود ناخالصی گوگرد در سوخت‌ها، واکنش سوختن گوگرد اتفاق افتاده و SO_x وارد هوا کره می‌شود.

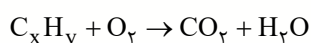


۴- سوختی که با مقدار ناکافی اکسیژن می‌سوزد و گاز CO تولید می‌کند و این گاز وارد هوا کره می‌شود.

جدول زیر میزان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها را به ازای طی یک کیلومتر نشان می‌دهد.

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

توجه گازهای فوق، آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها هستند و در حالت عادی بیشترین گازهایی که از اگزوز خودروها خارج می‌شوند، CO_2 و H_2O حاصل از سوختن کامل سوخت می‌باشند.



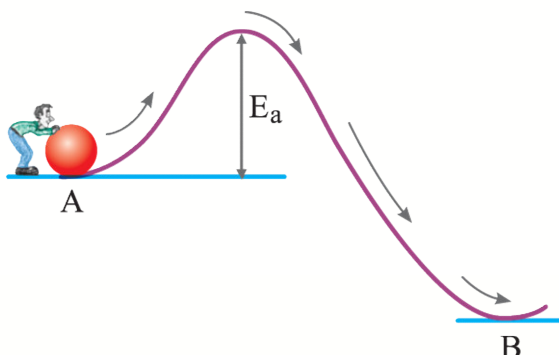
برای حل مسئله‌ی کاهش آلاینده‌ها در هوا کره باید با موارد زیر آشنا باشیم:

(۱) واکنش‌های شیمیایی (۲) رفتار آلاینده‌ها

(۳) انرژی فعال‌سازی (۴) نقش کاتالیزورها

چرا واکنش‌ها با سرعت‌های متفاوت انجام می‌شوند؟

به شکل دقت کنید تا راجع به آن صحبت کنیم:





۱) برای انتقال گلوله از نقطه‌ی A به نقطه‌ی B شخص باید حداقل به اندازه‌ی E_a انرژی صرف کند، چرا که بعد از آن گلوله بر اثر نیروی گرانش روی سطح شیب دار به پایین سرازیر می‌شود. بدیهی است هر چه ارتفاع قله (E_a) کمتر باشد، گلوله آسان‌تر و سریع‌تر به قله انتقال پیدا می‌کند. در واکنش‌های شیمیایی نیز شرایط مشابهی وجود دارد.

انرژی فعال‌سازی: مقدار انرژی لازم برای آغاز هر واکنش شیمیایی را انرژی فعال‌سازی واکنش می‌گویند.

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

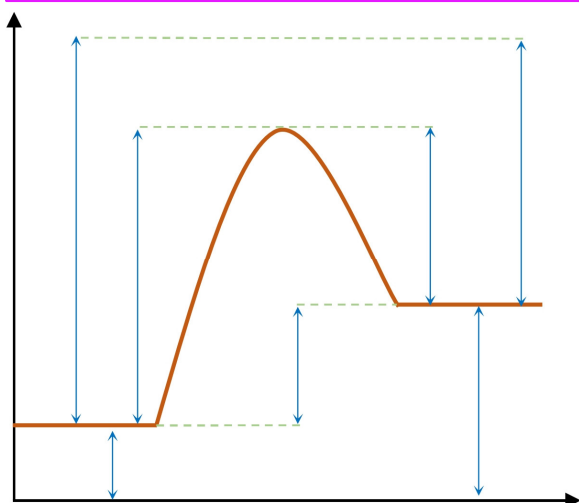
۳) هنگامی که نوک کبریت روی سطح قوطی کبریت کشیده شود، گرما تولید می‌شود. این گرما انرژی فعال‌سازی واکنش شیمیایی انجام شده را تأمین می‌کند.

۴) یکی از روش‌های تأمین انرژی فعال‌سازی، گرما دادن به واکنش‌دهنده‌ها است.

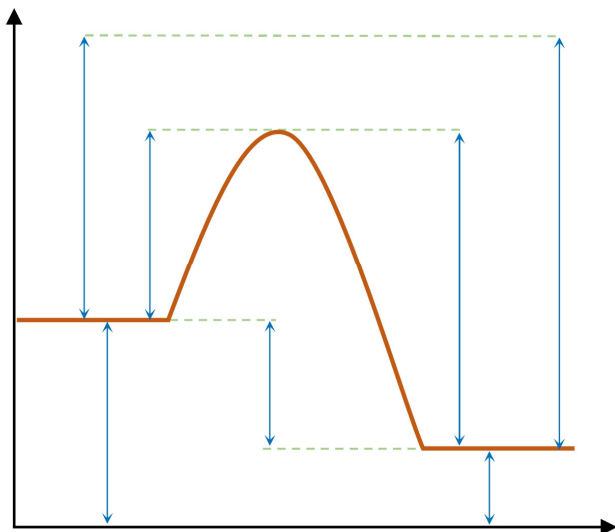
۵) صرف‌نظر از این که واکنش گرماگیر یا گرماده باشد، برای آغاز به انرژی فعال‌سازی نیاز دارد.

نمودارهای «انرژی - پیشرفت واکنش»

۱) واکنش‌های گرماگیر:



۲) واکنش‌های گرماده:



نکته هرچه انرژی فعال‌سازی بیشتر باشد سرعت واکنش کمتر خواهد بود.



تمرین

۱) با توجه به نمودار انرژی - پیشرفت واکنش سوختن متان، درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.

آ- واکنش سوختن متان، واکنشی گرما ده است و برای انجام شدن به انرژی نیاز ندارد.

ب- واکنش دهنده‌ها از فراورده‌ها پایدارتر هستند.

پ- سطح انرژی واکنش دهنده‌ها بالاتر از فراورده‌ها است.

ت- با گرما دادن به واکنش دهنده‌ها، انرژی فعال‌سازی واکنش کاهش یافته و واکنش آغاز می‌شود.

ث- در حضور جرقه یا شعله، شمار ذره‌هایی از واکنش دهنده‌ها که در واحد زمان به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند، افزایش می‌یابد.

تمرین

۲) با توجه به واکنش برگشت پذیر فرضی زیر، درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.

آ- آنتالپی واکنش برگشت برابر با -50 kJ.mol^{-1} است.

ب- مجموع انرژی پیوند واکنش دهنده‌ها بیشتر از فراورده‌هاست.

پ- انرژی پیوند AB برابر با -110 kJ.mol^{-1} است.

ت- سطح انرژی قله نمودار انرژی پیشرفت واکنش نسبت به فراورده‌ها 60 kJ بیشتر است.

تمرین

۳) با توجه به نمودار مقابل، درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.

آ- انرژی پیوند $\text{H}_2(\text{g})$ از 140 کیلوژول بر مول بیشتر است.

ب- $\text{H}_2(\text{g})$ نسبت به $\text{HCl}(\text{g})$ انرژی پیوند بیشتری دارد.

پ- در واکنش فوق به ازای مصرف 2 گرم $\text{H}(\text{g})$ گازی، 140 کیلوژول گرما آزاد می‌شود.

ت- ناپایدارترین ذره در مسیر پیشرفت واکنش، از نظر سطح انرژی به واکنش دهنده‌ها نزدیک‌تر از فراورده‌ها است.

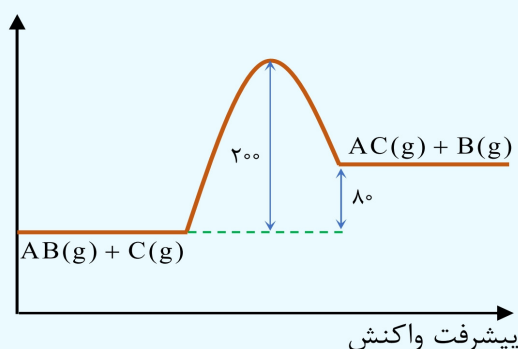
تمرین

- ۴) با افزایش دمای یک واکنش معین، چه تعداد از موارد زیر افزایش می‌یابد؟
- آ- انرژی واکنش دهنده‌ها
- ب- مقدار فراورده پس از پایان واکنش
- پ- گرمای مبادله شده واکنش
- ت- سرعت تولید فراورده‌ها
- ث- شمار ذره‌هایی که در واحد زمان می‌توانند از سد انرژی عبور کنند.



تست

۵) با توجه به نمودار مقابل، درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.



آ- این نمودار متعلق به یک واکنش گرماگیر است.

ب- در شرایط یکسان سرعت واکنش رفت از سرعت واکنش برگشت بیش‌تر است.

پ- تبدیل پیچیده‌ی فعال به فراورده‌ها گرماده است.

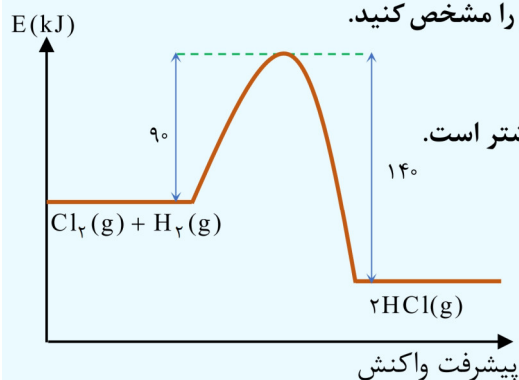
ت- مجموع انرژی پیوند فراورده‌ها کم‌تر از واکنش‌دهنده‌ها است.

ث- انرژی پیوند AB حتماً از 200 kJ.mol^{-1} بیش‌تر است.

ج- ΔH واکنش برابر 80 kJ.mol^{-1} است.

تست

۶) با توجه به نمودار مقابل، درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.



آ- با توجه به نمودار، این واکنش گرماده است.

ب- در شرایط یکسان سرعت واکنش رفت از سرعت واکنش برگشت بیش‌تر است.

پ- مجموع انرژی پیوند Cl_2 حتماً از 90 kJ.mol^{-1} بیش‌تر است.

ت- مجموع انرژی پیوند فراورده‌ها از مواد اولیه بیش‌تر است.

ث- برای تولید هر مول HCl مقدار 50 kJ گرما آزاد می‌شود.

ج- انرژی پیوند HCl حتماً از 70 kJ.mol^{-1} بیش‌تر است.

تست

۷) در واکنش گازی: $A + 2BC \rightarrow 2B + AC_2$ ، برای تشکیل پیچیده‌ی فعال، مقدار 90 kJ گرما لازم است. اگر از تجزیه

پیچیده‌ی فعال 100 kJ گرما آزاد شود، انرژی پیوند $A-C$ ، برابر چند کیلوژول بر مول است؟

($B-C$ انرژی 70 kJ.mol^{-1})

۷۰ (۴)

۶۵ (۳)

۵۵ (۲)

۳۰ (۱)

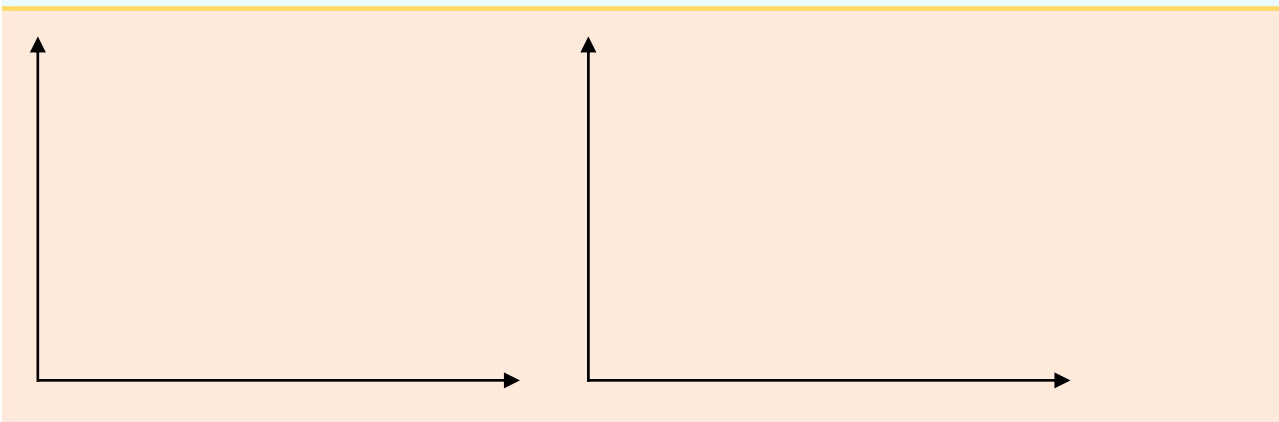




تمرین

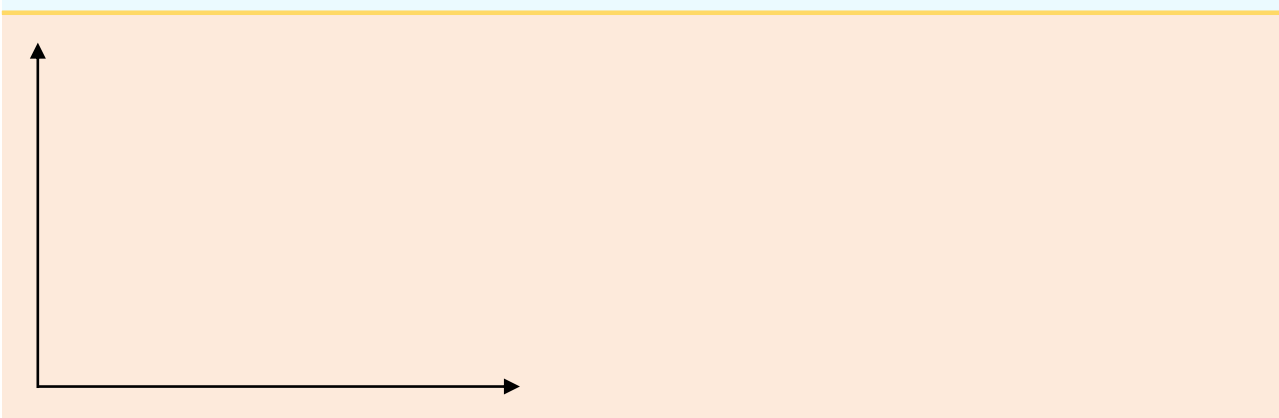
۸) با توجه به جدول زیر که مربوط به دو واکنش برگشت پذیر گازی در شرایط یکسان است، اگر بدانیم E_a برگشت واکنش (۲)، 117 kJ از E_a برگشت واکنش (۱) بیش تر است، آن گاه X برابر چه مقداری خواهد بود.

	معادله واکنش	آنتالپی واکنش (kJ)	E_a واکنش (kJ.mol^{-1})
واکنش ۱	$A \rightarrow B$	+۳۱	۴۵
واکنش ۲	$2C \rightarrow D$	-۴۱	X



تمرین

۹) اگر در واکنش گازی $H_2 + F_2 \rightarrow 2HF$ ، انرژی پیوند HF ، F_2 و H_2 به ترتیب 568 kJ.mol^{-1} ، 157 kJ.mol^{-1} و 436 kJ.mol^{-1} باشد و سطح انرژی فراورده‌ها از قله نمودار انرژی - پیشرفت واکنش 989 kJ کم تر باشد، انرژی فعال سازی (E_a) واکنش چقدر است؟



تست

۱۰) اگر در واکنش گازی $AC + B \rightarrow AB + C$ انرژی پیوند AC برابر با 320 kJ.mol^{-1} باشد، کدام مقایسه درباره انرژی فعال سازی واکنش درست است؟

$$E_a = 640 \text{ (۴)}$$

$$E_a = 320 \text{ (۳)}$$

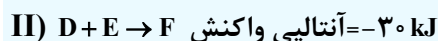
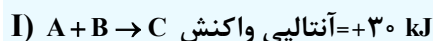
$$E_a = 124 \text{ (۲)}$$

$$E_a = 420 \text{ (۱)}$$



تمرین

۱۱) با توجه به واکنش‌های برگشت پذیر داده شده، اگر تفاوت سطح انرژی فراورده‌ها با قله نمودار انرژی – پیشرفت در هر دو واکنش برابر باشد، درستی یا نادرستی هریک از نتیجه‌گیری‌های زیر را مشخص کنید.

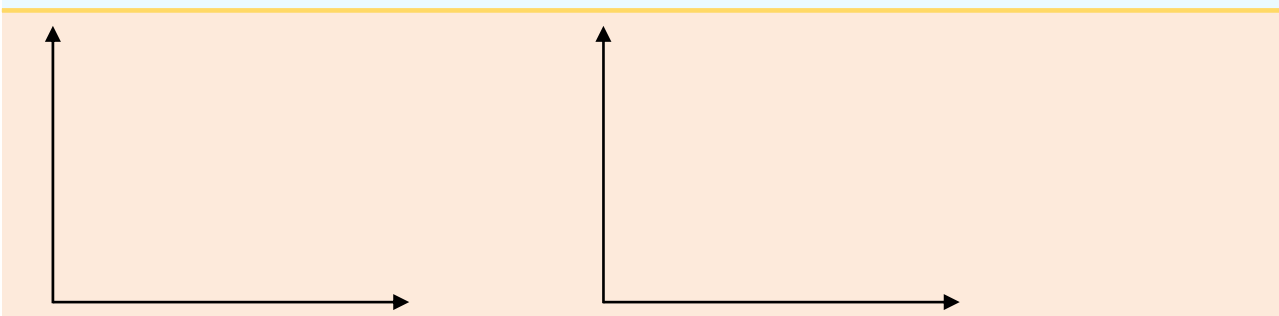


آ- انرژی فعال‌سازی واکنش (I) بیشتر از انرژی فعال‌سازی واکنش (II) است.

ب- در واکنش (I) برخلاف واکنش (II)، مجموع آنتالپی‌های پیوند فراورده‌ها، بیشتر از واکنش‌دهنده‌ها است.

پ- انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (II)، دو برابر انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (I) است.

ت- انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (I)، ۶۰ کیلوژول بیشتر از انرژی فعال‌سازی رفت واکنش (II) است.

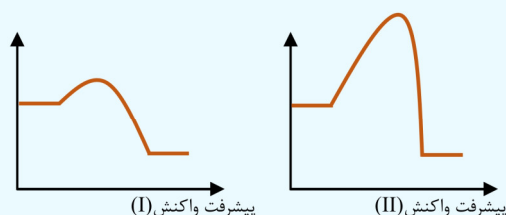


تمرین

۱۲) گاز هیدروژن برخلاف فسفر سفید (P_4) در هوا و دمای اتاق نمی‌سوزد. شکل زیر نمودار انرژی – پیشرفت این دو واکنش را نشان می‌دهد، با توجه به آن درستی یا نادرستی عبارت‌ها را مشخص کنید.

۱) نمودار (I) مربوط به سوختن فسفر سفید است.

۲) با ایجاد جرقه و دادن گرما به مخلوط واکنش (II)، واکنش آغاز می‌شود و نمودار انرژی – پیشرفت برای آن همانند نمودار واکنش (I) خواهد شد.



تمرین

۱۳) با توجه به نمودارهای واکنش‌های برگشت پذیر زیر، درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید.

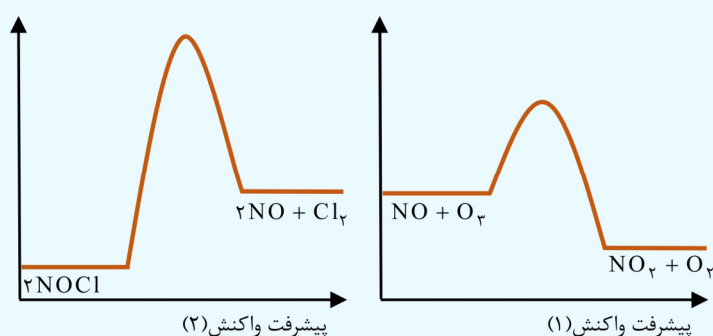
آ- پایداری فراورده‌های واکنش (۱) بیشتر از واکنش (۲) است.

ب- در شرایط یکسان واکنش (۱) با سرعت بیش‌تری در جهت رفت انجام می‌شود.

پ- بر خلاف واکنش (۲)، در واکنش (۱) مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها بیشتر از مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها است.

ت- در واکنش (۲) تولید یک مول NOCl(g) از تجزیه یک مول از آن سریع‌تر است.

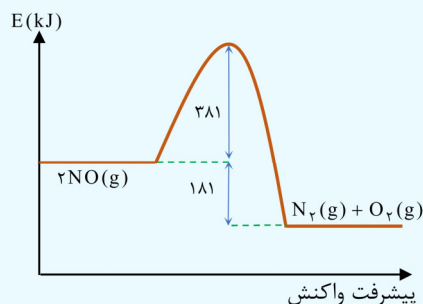
ث- در شرایط یکسان، مصرف یک مول NO در واکنش (۱)، از تولید دو مول NO در واکنش (۲) سریع‌تر است.





تمرین

۱۴) درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را درباره واکنش برگشت پذیر داده شده مشخص کنید.



پیوند	آنتالپی پیوند kJ / mol
O = O	۴۹۵
N = O	۶۰۷
N ≡ N	?

- آ- انرژی پیوند N_2 ، 293 kJ از انرژی پیوند هریک از واکنش دهنده‌ها بیشتر است.
 ب- این واکنش در هوا و دمای اتاق در جهت رفت و برگشت انجام نمی‌شود.

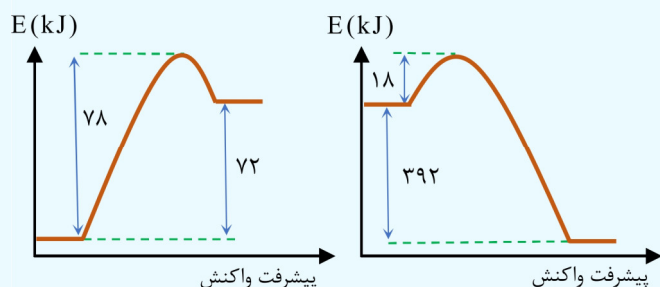
تمرین

۱۵) درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.

- آ- در واکنش گرماگیر همواره انرژی فعال‌سازی واکنش بیشتر از انرژی مبادله شده در واکنش است.
 ب- هرچه E_a واکنش کمتر باشد، گرمای کمتری در اثر انجام واکنش با محیط پیرامون مبادله می‌شود.
 پ- افزایش دما تأثیری بر اندازه‌ی انرژی فعال‌سازی واکنش‌ها ندارد و مسیر واکنش را تغییر نمی‌دهد.
 ت- مقدار آنتالپی هر واکنش با مقدار E_a آن واکنش رابطه عکس دارد.

تست

۱۶) با توجه به نمودارهای زیر، کدام بیان نادرست است؟



- ۱) سرعت واکنش ۱، از سرعت واکنش ۲ کمتر است.
 ۲) تفاوت ΔH دو واکنش برابر 320 کیلوژول است.
 ۳) در واکنش (۱)، انرژی فعال‌سازی آن در جهت رفت ۱۳ برابر آن در جهت برگشت است.
 ۴) واکنش (۲)، گرماده و انرژی فعال‌سازی آن در جهت برگشت برابر 410 کیلوژول است.

تست

۱۷) کدام گزینه در مورد واکنش $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB, \Delta H = -30 \text{ kJ}$ ، نادرست است؟

- ۱) به ازای تولید هر مول AB ، 15 kJ انرژی آزاد می‌شود.
 ۲) میزان انرژی لازم برای شکستن ۱ مول پیوند $A-A$ و ۱ مول پیوند $B-B$ کمتر از انرژی لازم برای شکستن ۲ مول پیوند $A-B$ است.
 ۳) اگر انرژی فعال‌سازی واکنش رفت را 30 فرض کنیم، انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت باید برابر 60 باشد. در این حالت سرعت واکنش رفت ۲ برابر سرعت واکنش برگشت است.
 ۴) سطح انرژی پیچیده‌ی فعال به سطح انرژی واکنش دهنده‌ها نزدیک‌تر است.

اثر کاتالیزگر روی سرعت واکنش‌های شیمیایی

برخی واکنش‌ها در صنعت فقط در دمای زیاد و فشار بالا انجام می‌شوند و تولید فراورده‌ها در آن‌ها صرفه‌ی اقتصادی ندارد؛ زیرا افزایش دما و فشار مستلزم صرف انرژی و افزایش هزینه‌ی واکنش است.

کاتالیزگرها: موادی هستند که در واکنش شرکت می‌کنند و سرعت واکنش شیمیایی را زیاد می‌کنند اما در پایان واکنش مصرف نشده باقی می‌مانند. از این رو، می‌توان آن‌ها را بارها و بارها به کار برد. هم چنین استفاده از کاتالیزگرها در صنایع گوناگون سبب کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

جدول زیر برخی داده‌ها برای واکنش میان گازهای هیدروژن و اکسیژن را در شرایط گوناگون نشان می‌دهد. به نکات آن دقت کنید:

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
در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجاری	-۵۷۲

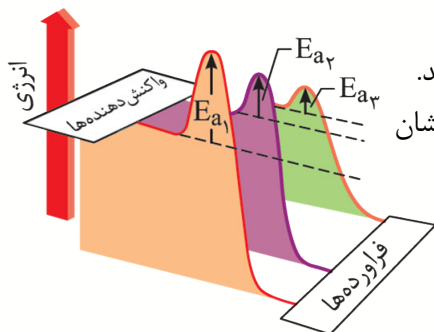
(۱) این واکنش به علت انرژی فعال‌سازی بسیار زیاد در دمای اتاق بدون حضور کاتالیزگر انجام نمی‌شود.

(۲) با ایجاد جرقه و تأمین انرژی فعال‌سازی، واکنش به صورت انفجاری انجام می‌شود.

(۳) توری پلاتینی نسبت به پودر روی کاتالیزگر بهتری برای انجام این واکنش است و انرژی فعال‌سازی را بیشتر کاهش می‌دهد، به همین دلیل سرعت واکنش بیشتر افزایش پیدا می‌کند.

(۴) با تأمین انرژی فعال‌سازی و یا اضافه کردن کاتالیزگر، آنتالپی واکنش تغییر نمی‌کند.

(۵) در شکل روبه‌رو نمودار انرژی - پیشرفت واکنش برای حالت‌های مختلف جدول نشان داده شده است.



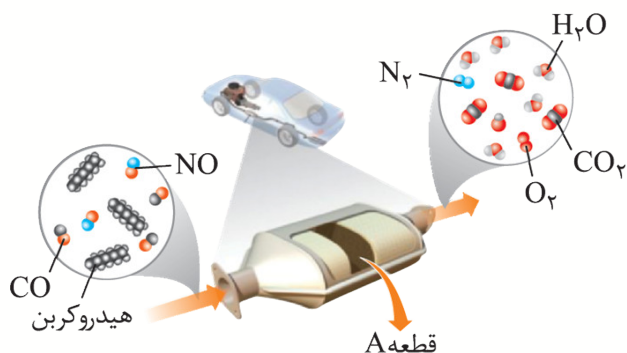
کاتالیزگر را می‌توان به تونلی در یک جاده‌ی کوهستانی تشبیه کرد. کاتالیزگر نیز با تغییر مسیر واکنش، انرژی فعال‌سازی را کاهش داده و سبب می‌شود واکنش‌دهنده‌ها سریع‌تر به فراورده‌ها تبدیل شوند.

انرژی فعال‌سازی را می‌توان با گرما تأمین کرد یا با کاتالیزگر کاهش داد تا سرعت واکنش افزایش یابد.



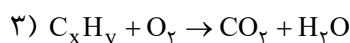
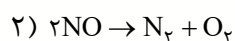
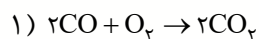
مبدل‌های کاتالیستی

برای حذف آلاینده‌های موجود در آگزوز خودروها قطعه‌ای را در مسیر خروج گازها قرار می‌دهند. با توجه به شکل به نکات توجه کنید.



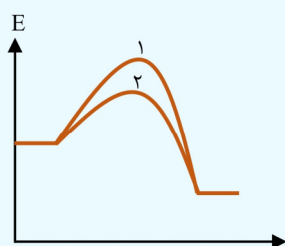
(۱) آلاینده‌های خروجی از آگزوز خودروها گازهای CO ، NO و C_xH_y هستند.

(۲) هر کدام از آلاینده‌ها مطابق واکنش‌های زیر و ضمن عبور از قطعه‌ی A به گازهای کم‌ضررتر تبدیل می‌شوند.



مواردی که کاتالیزگر موجب تغییر آنها می‌شود	مواردی که کاتالیزگر روی آنها بی‌تاثیر است
E_a رفت و برگشت را کاهش می‌دهد.	آنتالپی واکنش
سرعت واکنش رفت و برگشت را افزایش می‌دهد.	سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها
مسیر انجام واکنش را تغییر می‌دهد.	مقدار نهایی فراورده‌ها
نمودار انرژی - پیشرفت واکنش را تغییر می‌دهد.	نوع فراورده‌ها
زمان تولید فراورده را کاهش می‌دهد.	معادله کلی انجام واکنش
غلظت ذره‌هایی که در واحد زمان از سد انرژی عبور می‌کنند را افزایش می‌دهد.	

تمرین



۱۸) با توجه به شکل زیر، درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.

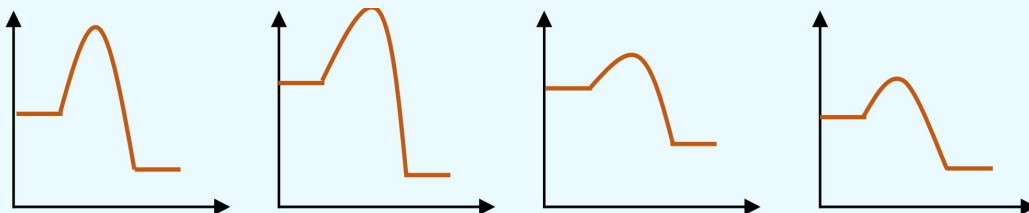
آ- سرعت واکنش در مسیر (۱) کم‌تر است.

ب- مسیر (۲) به استفاده از یک کاتالیزگر مربوط است.

پ- کاتالیزگر با کاهش E_a واکنش، آنتالپی واکنش را کاهش داده است.

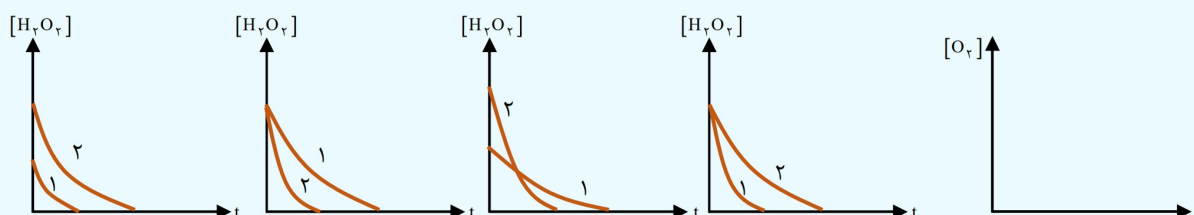
تمرین

۱۹) با توجه به شکل‌های زیر، کدام دو نمودار مربوط به یک واکنش است و تفاوت آن‌ها تنها در استفاده از کاتالیزگر در یکی و استفاده نکردن از کاتالیزگر در دیگری است.



تمرین

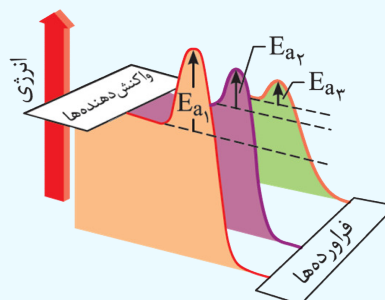
۲۰) واکنش تجزیه آب اکسیژنه (H_2O_2) را در غیاب و در حضور کاتالیزگر $I^-(aq)$ انجام داده ایم. کدام نمودار تغییر غلظت آب اکسیژنه در این دو آزمایش را به درستی نشان می‌دهد؟ (واکنش (۱) در غیاب کاتالیزگر و واکنش (۲) در حضور کاتالیزگر انجام شده است).



تمرین

۲۱) جدول و نمودار زیر اطلاعاتی درباره واکنش گاز هیدروژن و اکسیژن در شرایط گوناگون را نمایش می‌دهد. جاهای خالی را در جدول پر کنید. سپس درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را مشخص کنید.

شرایط آزمایش	دما ($^{\circ}C$)	سرعت واکنش	آنتالپی واکنش (kJ)
(۱) بدون حضور کاتالیزگر	۲۵	ناچیز	-۵۷۲
(۲) ایجاد جرقه در مخلوط	۲۵	انفجار	-۵۷۲
(۳) در حضور پودر روی	۲۵	سریع	-۵۷۲
(۴) در حضور توری پلاتینی	۲۵	انفجار	-۵۷۲



آ- با ایجاد جرقه در مخلوط واکنش E_a واکنش کاهش یافته و با سرعتی انفجاری آغاز می‌شود.

ب- پودر روی در واکنش شرکت نکرده و تنها نقش کاتالیزگر را دارد.

پ- توری پلاتینی با تغییر مسیر واکنش، به واکنش سرعتی انفجاری بخشیده و آنتالپی واکنش را به شدت کاهش می‌دهد.

ت- با ایجاد جرقه و تولید گرما در مخلوط واکنش، مقدار آنتالپی واکنش منفی‌تر می‌شود.

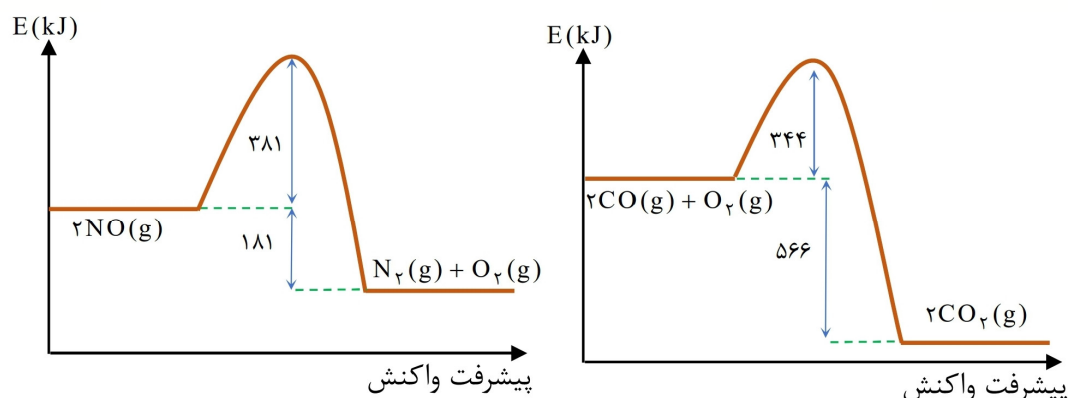
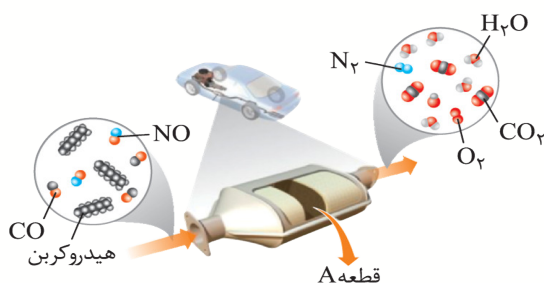
ث- واکنش هیدروژن با اکسیژن از نوع سوختن است و بسیار گرماده بنابراین در هر دمایی انجام می‌شود.

ج- نمودار (۳) مربوط به واکنش آزمایش شماره (۴) و (۲) می‌باشد.

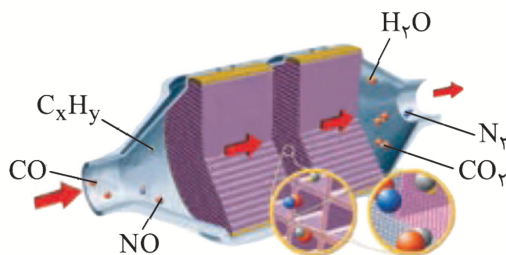
چ- نمودار (۱) مربوط به واکنش آزمایش شماره (۱) و (۲) می‌باشد.



با توجه به نمودارهای زیر که مربوط به ۲ تا از واکنش‌های انجام شده در قسمت A شکل زیر هستند، به نکات زیر دقت کنید.



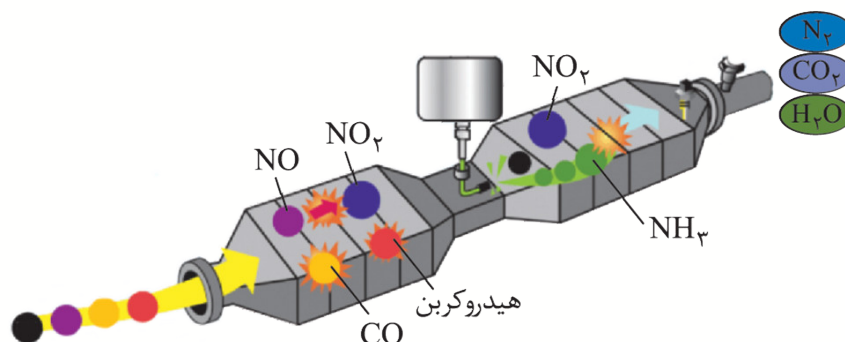
- (۱) با توجه به نمودارها درمی‌یابیم که واکنش تجزیه‌ی NO و سوختن CO هر دو گرماده هستند.
- (۲) انرژی فعال‌سازی واکنش تجزیه‌ی NO بیشتر است، به همین دلیل سرعت انجام واکنش آن کم‌تر است.
- (۳) قطعه‌ی A محتوی سه نوع کاتالیزگر است. در این قطعه فلزهای رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) وجود دارند.
- (۴) هر کاتالیزگر به شمار محدودی از واکنش‌ها سرعت می‌بخشد، به همین دلیل در قطعه A از سه کاتالیزگر استفاده شده است.
- (۵) به قطعه‌ی A اصطلاحاً مبدل کاتالیستی می‌گویند. بر روی سطح این قطعه‌ی سرامیکی که به شکل توری به کار می‌رود، فلزهای رودیم (Rh)، پالادیم (Pd) و پلاتین (Pt) نشانداده شده است.
- (۶) برای افزایش کارایی مبدل کاتالیستی، گاهی سرامیک را به شکل مش (دانه‌های ریز در می‌آورند و کاتالیزگرها را روی سطح آن می‌نشانند).



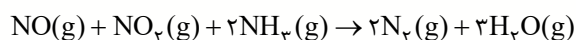
- (۷) با این که مبدل کاتالیستی برای مدت طولانی کار می‌کند اما پس از مدت معینی کارایی آن کاهش می‌یابد و دیگر قابل استفاده نیست.
- با وجود مبدل‌های کاتالیستی، در گازهای خروجی از اتومبیل‌ها به هنگام روشن و گرم شدن خودرو به ویژه در روزهای سرد زمستان، گازهای C_xH_y، NO و CO بیشتری مشاهده می‌شود. علت این پدیده این است که کاتالیزگرها باید به دمای خاصی برسند تا کارایی خود را به نمایش بگذارند.

خواص یک کاتالیزگر مناسب

- (۱) باید اختصاصی و انتخابی عمل کند.
 - (۲) در حضور آن نباید واکنش ناخواسته‌ی دیگری انجام شود.
 - (۳) باید پایداری شیمیایی و گرمایی مناسبی داشته باشد.
- بررسی‌ها نشان می‌دهد که با استفاده از این نوع مبدل‌ها نمی‌توان گازهای NO و NO_۲ خروجی از خودروهای دیزلی را به گاز نیتروژن تبدیل کرد. پژوهشگران برای خودروهای دیزلی طرح زیر را ایجاد کردند:



در این مبدل با ورود آمونیاک و انجام واکنش زیر، گازهای NO و NO_۲ به گاز N_۲ تبدیل شده و تا حدود زیادی از ورود گازهای NO و NO_۲ به هوا کره جلوگیری می‌شود.



تمرین

۲۲) درباره مبدل‌های کاتالیستی درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.

- آ- هر کاتالیزگر به طور انتخابی عمل می‌کند و به واکنش مشخصی سرعت می‌بخشد.
- ب- وجود Pb در بنزین می‌تواند کارایی فلزات Pt، Pd و Ru را به عنوان کاتالیزگر کاهش داده و یا کارکرد آن‌ها را متوقف کند.
- پ- هیدروکربن‌های نسوخته با فرمول کلی C_xH_y، در مبدل کاتالیستی به کربن مونوکسید و آب تبدیل می‌شوند.
- ت- استفاده از سرامیک‌های به شکل مش (دانه)‌های ریز به جای توری، سطح تماس آلاینده‌ها با کاتالیزورها را بالا برده و به واکنش‌ها سرعت می‌بخشد.
- ث- این مبدل‌ها طوری طراحی شده‌اند که آلاینده‌ها حتی در دماهای پایین به سرعت حذف می‌شوند.



آمونیاک و بهره‌وری در کشاورزی

غذا محور رشد و سلامتی و یکی از ضرورت‌های ادامه‌ی زندگی است.

دو عاملی که تأمین غذا را به یکی از چالش‌های زندگی تبدیل کرده عبارتند از:

(۱) محدودیت منابع غذایی

(۲) روند رو به افزایش جمعیت

بهترین راه برای حل چالش تأمین غذا، افزایش بهره‌وری در تولید فراورده‌های کشاورزی است. در این راستا شناسایی، تولید و افزودن کودهای شیمیایی مناسب به خاک راهگشا هستند.

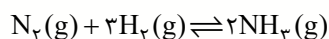
گیاهان با جوی سرشار از گاز نیتروژن احاطه شده‌اند اما نمی‌توانند این عنصر ضروری برای رشد خود را به طور مستقیم از هوا جذب کنند. از این رو باید نیتروژن را به شکل ترکیب‌های نیتروژن دار از جمله آمونیاک و اوره به خاک افزود.

دو جمله‌ی مهم:

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

(۲) گیاهان برای رشد افزون بر کربن دی اکسید و آب به عنصرهایی مانند S، N، P، K و... نیاز دارند.

همه چیز درباره واکنش تعادلی تولید گاز آمونیاک



(۱) ثابت تعادل این واکنش به صورت $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ می‌باشد.

(۲) در دمای اتاق، واکنش میان گازهای نیتروژن و هیدروژن حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه پیش نمی‌رود.

(۳) این واکنش برگشت پذیر است و در شرایط مناسب به تعادل می‌رسد. تعادلی که در دمای معین، شامل مخلوطی از گازهای واکنش دهنده و فراورده با غلظت ثابت است.

(۴) هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، درصد بیشتری از واکنش دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند.

(۵) هابر سرانجام توانست شرایط بهینه برای این واکنش را بیابد که عبارت بود از دمای $450^\circ C$ ، فشار 200 atm و کاتالیزگر آهن (Fe(s)).

یادآوری:

برای واکنش تعادلی $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ عبارت ثابت تعادل به صورت زیر نوشته می‌شود.

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

(۱) در این رابطه غلظت تعادلی مواد قرار داده می‌شود.

(۲) غلظت جامد (s) و مایع خالص (l) در این رابطه گذاشته نمی‌شود.

(۳) تنها عاملی که می‌تواند ثابت تعادل را برای یک واکنش تغییر دهد دما است.

(۴) هرچه K بزرگتر باشد، مقدار قابل توجهی از واکنش دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل شده‌اند و میزان پیشرفت واکنش زیاد است.

(۵) یکای K برای هر واکنش متفاوت است و K می‌تواند یکا نداشته باشد.



اصل لوشاتلیه (اثر غلظت)

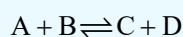
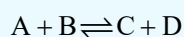
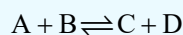
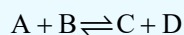
«چنان چه عاملی موجب بر هم زدن حالت تعادلی یک سامانه شود، سامانه در جهتی جابه‌جا می‌شود که با عامل مزاحم مقابله کرده و تا آن جا که امکان دارد اثر آن را برطرف کند. به این ترتیب در سامانه‌ی یادشده یک تعادل جدید برقرار می‌شود.»

مطابق اصل لوشاتلیه، هرچه اضافه است باید مصرف شود و هر چه کمبود است باید جبران گردد. مطابق این اصل، تعادل‌ها سعی می‌کنند در جهتی جابه‌جا شوند که تغییر تحمیل شده را از بین ببرند ولی معمولاً نمی‌توانند اثر تغییر تحمیل شده را به طور کامل از بین ببرند و آن اثر به نحوی خود را در تعادل نشان می‌دهد.

اگر غلظت ماده‌ای را کم یا زیاد کنیم تعادل در جهتی می‌رود که تا جای امکان این تغییر غلظت را جبران کند.

تمرین

(۲۳) در تعادل‌های زیر با تغییرهای انجام شده تعادل در کدام جهت حرکت می‌کند؟



📌 **نکته** کم یا زیاد شدن غلظت مواد در یک واکنش تعادلی، هیچ تأثیری بر روی ثابت تعادل ندارد. از آنجایی که غلظت مواد (s) و (l) مقداری ثابت است، تغییر مقدار این مواد باعث جابه‌جایی تعادل نمی‌شود.

تمرین

(۲۴) جدول‌های زیر را کامل کنید.

	$A \rightleftharpoons B$		$A \rightleftharpoons B$
تعادل اولیه	\rightleftharpoons	تعادل اولیه	\rightleftharpoons
تغییر (افزایش A)	\rightleftharpoons	تغییر (افزایش B)	\rightleftharpoons
تعادل نهایی	\rightleftharpoons	تعادل نهایی	\rightleftharpoons

	$A \rightleftharpoons B$		$A \rightleftharpoons B$
تعادل اولیه	\rightleftharpoons	تعادل اولیه	\rightleftharpoons
تغییر (کاهش A)	\rightleftharpoons	تغییر (کاهش B)	\rightleftharpoons
تعادل نهایی	\rightleftharpoons	تعادل نهایی	\rightleftharpoons



تمرین ✓

(۲۴) در تعادل گازی $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ مقداری SO_2 در حجم و دمای ثابت به تعادل اضافه می‌کنیم. هر یک از موارد

زیر چه تغییری می‌کنند؟

آ- جهت جابه‌جایی تعادل:

ب- K :

پ- (در تعادل جدید) $[SO_3]$:

$[O_2]$:

$[SO_2]$:

ت- (در لحظه تغییر) سرعت واکنش رفت:

سرعت واکنش برگشت:

ث- (در تعادل جدید) سرعت واکنش رفت:

سرعت واکنش برگشت:

تمرین ✓

(۲۵) در تعادل گازی $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ مقداری SO_2 در حجم و دمای ثابت از تعادل خارج می‌کنیم. هر یک از موارد

زیر چه تغییری می‌کنند؟

آ- جهت جابه‌جایی تعادل:

ب- K :

پ- (در تعادل جدید) $[SO_3]$:

$[O_2]$:

$[SO_2]$:

ت- (در لحظه تغییر) سرعت واکنش رفت:

سرعت واکنش برگشت:

ث- (در تعادل جدید) سرعت واکنش رفت:

سرعت واکنش برگشت:

تمرین ✓

(۲۶) در تعادل گازی $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ مقداری O_2 در حجم و دمای ثابت به تعادل اضافه می‌کنیم. هر یک از موارد زیر

چه تغییری می‌کنند؟

آ- جهت جابه‌جایی تعادل:

ب- K :

پ- (در تعادل جدید) $[SO_3]$:

$[O_2]$:

$[SO_2]$:

ت- (در لحظه تغییر) سرعت واکنش رفت:

سرعت واکنش برگشت:

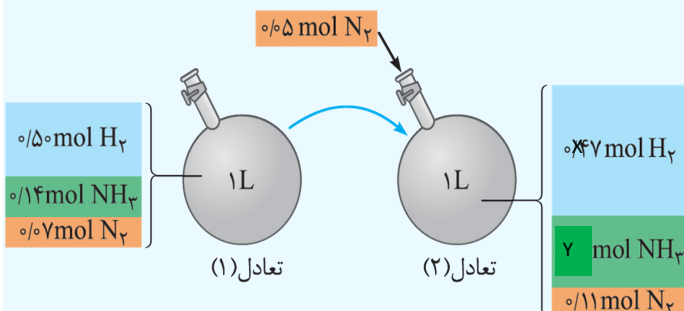
ث- (در تعادل جدید) سرعت واکنش رفت:

سرعت واکنش برگشت:

تمرین

۲۷) شکل زیر افزودن مقداری نیتروژن را به سامانه تعادلی $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ که در حجم ثابت یک لیتر و دمای 200° درجه سانتی‌گراد برقرار است را نشان می‌دهد. با توجه به آن درستی یا نادرستی هر یک از عبارات زیر را مشخص کنید.

آ- مقدار K را در تعادل (۱) محاسبه کنید.



ب- مقدار K را در تعادل (۲) محاسبه کنید.

ت- مقدار X و Y را محاسبه کنید.

تمرین

۲۸) برای تعادل فرضی $2D(g) + C(g) \rightleftharpoons 2A(g) + B(g)$ در حجم و دمای ثابت، درستی یا نادرستی هریک از عبارات زیر را مشخص کنید.

آ- با افزایش غلظت A ، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود و سرعت واکنش رفت کاهش می‌یابد.

ب- با کاهش غلظت C و D ، در تعادل جدید، سرعت واکنش رفت کم‌تر از سرعت واکنش برگشت است.

پ- با نصف شدن مقدار D ، شمار مولکول‌های موجود در ظرف در تعادل جدید کاهش می‌یابد.

تمرین

۲۹) در تعادل گازی $A \rightleftharpoons B$ مقدار $1/75$ مول A و 7 مول B در ظرفی به حجم یک لیتر به حالت تعادل قرار دارد. اگر به تعادل 2 مول B اضافه کنیم، غلظت A و B را در تعادل جدید محاسبه کنید؟



تمرین

۳۰. در تعادل $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ ، با افزایش مقداری گاز NO، در دمای ثابت، کدام عبارت(های) زیر درست هستند؟
- آ- در تعادل جدید، غلظت O_2 و NO_2 کمتر از تعادل اولیه است.
- ب- ثابت تعادل جدید با ثابت تعادل اولیه برابر است.
- پ- غلظت NO و NO_2 در تعادل جدید بیشتر از تعادل اولیه است.

تغییر غلظت در تعادل‌های محلول در آب

- با اضافه شدن یک ماده به تعادل، ابتدا ماده مورد نظر را یونیزه می‌کنیم سپس دو حالت زیر را بررسی می‌کنیم:
- (۱) ماده مورد نظر با تعادل اولیه دارای یون مشترک باشد، که در این صورت غلظت یون مورد نظر افزایش یافته و با توجه به اصل لوشاتلیه شروع به بررسی می‌کنیم.
- (۲) اگر دارای یون مشترک نباشد، به شرطی بین یون‌های ناهم نام واکنش رخ می‌دهد که ایجاد رسوب، آب یا گاز نماید، در این صورت یون مورد نظر از تعادل خارج می‌شود و با توجه به اصل لوشاتلیه شروع به بررسی می‌کنیم.

تمرین

۳۱. تعادل $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$ ، در دمای ثابت برقرار است، به تعادل مقداری $NaOH(s)$ اضافه می‌کنیم، درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید.
- آ- تعادل در جهت رفت جابه جا می‌شود.
- ب- پس از برقراری تعادل جدید، pH محلول کاهش می‌یابد.
- پ- درجه یونش اسید افزایش می‌یابد.
- ت- تعداد مول بیشتری از استیک اسید تفکیک شده و K تعادل افزایش می‌یابد.

تمرین

۳۲. تیغه‌ای از جنس مس را در محلولی از نقره نیترات قرار داده‌ایم و تعادل زیر در آن برقرار است، درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید.
- $$Cu(s) + 2Ag^+(aq) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$
- آ- افزودن مقداری نمک طعام، تعادل را در جهت برگشت جابه‌جا می‌کند.
- ب- افزودن مقداری نمک نقره نیترات جامد به آن، بر رنگ آبی محلول می‌افزاید.
- پ- با افزودن مقداری نمک محلول $CuCl_2(s)$ ، تعادل در جهت برگشت پیشرفت می‌کند و غلظت $[Cu^{2+}]$ افزایش می‌یابد.



اصل لوشاتیله (اثر فشار)

۱- تغییر فشار در یک سامانه تعادلی، با کاهش یا افزایش حجم

- (۱) زمانی فشار بر یک واکنش تعادلی مؤثر است که در آن واکنش تعادلی، حداقل یک ماده گازی وجود داشته باشد.
- (۲) اگر تعداد مول‌های گازی در سمت راست (فرآورده‌ها) و چپ (مواد اولیه) یک واکنش تعادلی یکسان باشند، تغییرات فشار بر تعادل هیچ تأثیری ندارد.
- (۳) در یک سامانه‌ی تعادلی، افزایش فشار (کاهش حجم) باعث می‌شود تعادل به سمتی جابه‌جا شود که تعداد مول‌های گازی در آن کمتر است.
- (۴) در یک سامانه‌ی تعادلی، کاهش فشار (افزایش حجم) باعث می‌شود تعادل به سمتی جابه‌جا شود که تعداد مول‌های گازی در آن بیشتر است.
- نکته** تغییرات فشار (تغییرات حجم) در یک سامانه‌ی تعادلی هیچ تأثیری روی ثابت تعادل (K) ندارند.

تمرین

۳۳ جدول‌های زیر را کامل کنید.

	$2A \rightleftharpoons B$		$2A \rightleftharpoons B$
تعادل اولیه	\rightleftharpoons	تعادل اولیه	\rightleftharpoons
تغییر (افزایش فشار)	\rightleftharpoons	تغییر (کاهش فشار)	\rightleftharpoons
تعادل نهایی	\rightleftharpoons	تعادل نهایی	\rightleftharpoons

تمرین

۳۴ در تعادل گازی $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ در دمای ثابت حجم را افزایش می‌دهیم. جای خالی هر عبارت را پر کنید.

- آ- تعادل در لحظه تغییر در جهت جابه‌جا می‌شود.
- ب- در لحظه تغییر سرعت رفت و برگشت می‌شود.
- پ- در تعادل جدید غلظت SO_2 ، O_2 و SO_3 می‌یابد.
- ت- در لحظه تغییر غلظت SO_2 ، O_2 و SO_3 می‌یابد.
- ث- در تعادل جدید مقدار SO_2 ، O_2 و SO_3 می‌شود.
- ج- در تعادل جدید تعداد کل ذرات درون تعادل می‌شود.
- چ- ثابت تعادل



تمرین

۳۵ در تعادل گازی $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ در دمای ثابت حجم را کاهش می‌دهیم. جای خالی هر عبارت را پر کنید.

آ- تعادل در لحظه تغییر در جهت جابه‌جا می‌شود.

ب- در لحظه تغییر سرعت رفت و برگشت می‌شود.

پ- در تعادل جدید غلظت NH_3 ، N_2 و H_2 می‌یابد.

ت- در لحظه تغییر غلظت NH_3 ، N_2 و H_2 می‌یابد.

ث- در تعادل جدید مقدار NH_3 ، N_2 و H_2 می‌شود.

ج- در تعادل جدید تعداد کل ذرات درون تعادل می‌شود.

چ- ثابت تعادل

تمرین

۳۶ در تعادل $Fe_3O_4(s) + 4H_2(g) \rightleftharpoons 3Fe(s) + 4H_2O(g)$ در دمای ثابت فشار را افزایش می‌دهیم. جای خالی هر عبارت

را پر کنید.

آ- تعادل در لحظه تغییر در جهت جابه‌جا می‌شود.

ب- در لحظه تغییر سرعت رفت و برگشت می‌شود.

پ- در تعادل جدید غلظت Fe ، H_2O و H_2 و Fe_3O_4 می‌یابد.

ت- در لحظه تغییر غلظت Fe ، H_2O و H_2 و Fe_3O_4 می‌یابد.

ث- در تعادل جدید مقدار Fe ، H_2O و H_2 و Fe_3O_4 می‌یابد.

ج- در تعادل جدید تعداد کل ذرات درون تعادل می‌شود.

چ- ثابت تعادل

۱- تغییر فشار در یک سامانه تعادلی، با کاهش یا افزایش گاز نجیب

در حجم ثابت:

در فشار ثابت:



اصل لوشاتیلر (اثر دما)

دما افزون بر جابه‌جا کردن تعادل، توانایی تغییر K را نیز دارد. در واقع هنگامی که دمای یک سامانه تغییر می‌کند، پس از رسیدن به تعادل جدید افزون بر تغییر غلظت مواد شرکت کننده، K نیز تغییر می‌کند. جالب این که اثر تغییر دما بر تعادل‌های گوناگون متفاوت است و به گرماگیر یا گرماده بودن آن‌ها بستگی دارد.

در واکنش‌های گرماگیر:



در واکنش‌های گرماده:



جدول زیر اثر دما را بر ثابت تعادل واکنش $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ نشان می‌دهد. به نکات آن دقت کنید:

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

(۱) ثابت تعادل این واکنش به شکل $K = \frac{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2}$ می‌باشد.

(۲) با توجه به این که با افزایش دما ثابت تعادل افزایش می‌یابد، نتیجه می‌گیریم با افزایش دما تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود. به همین دلیل واکنش گرماگیر بوده و $\Delta H > 0$ می‌باشد.

(۳) هرچه ثابت تعادل بیشتر باشد، به این معنی است که واکنش دارای پیشرفت بیشتری است، بنابراین با افزایش دما این واکنش پیشرفت بیشتری خواهد داشت.

(۴) هنگامی که دمای یک سامانه تعادلی افزایش می‌یابد، واکنش در جهت مصرف گرما پیش می‌رود. اگر این واکنش گرماگیر باشد مقدار مواد اولیه در سامانه کاهش و فرآورده افزایش یافته و به همین دلیل ثابت تعادل بزرگتر خواهد شد.

تعیین گرماده یا گرماگیر بودن در واکنش‌های تعادلی:



تمرین ✓

۳۷ در تعادل گازی $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ در حجم ثابت دما را افزایش می‌دهیم، جای خالی را در هر یک از عبارت‌های زیر پر کنید.

- آ- تعادل در لحظه تغییر در جهت جابه‌جا می‌شود.
 ب- در لحظه تغییر سرعت رفت و برگشت می‌شود.
 پ- در تعادل جدید غلظت NH_3 ، N_2 و H_2 می‌یابد.
 ت- در تعادل جدید مقدار NH_3 ، N_2 و H_2 می‌یابد.
 ث- در تعادل جدید تعداد کل ذرات درون تعادل می‌شود.
 ج- در تعادل جدید فشار سامانه می‌شود.
 چ- ثابت تعادل

تمرین ✓

۳۸ در تعادل گازی $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ ، در حجم ثابت دما را کاهش می‌دهیم، جای خالی را هر یک از عبارت‌های زیر را پر کنید.

- آ- تعادل در لحظه تغییر در جهت جابه‌جا می‌شود.
 ب- در لحظه تغییر سرعت رفت و برگشت می‌شود.
 پ- در تعادل جدید غلظت NO_2 ، N_2O_4 می‌یابد.
 ت- در تعادل جدید مقدار NO_2 ، N_2O_4 می‌یابد.
 ث- در تعادل جدید تعداد کل ذرات درون تعادل می‌شود.
 ج- در تعادل جدید فشار سامانه می‌شود.
 چ- در تعادل جدید رنگ سامانه می‌شود.
 ح- ثابت تعادل

تمرین ✓

۳۹ واکنش تعادلی $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g}) + \text{Q}$ ، در ظرفی در بسته برقرار است، درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید.

- آ- با کاهش دمای ظرف واکنش، تعداد مول HBr موجود در سامانه تعادلی افزایش می‌یابد.
 ب- ثابت تعادل واکنش با افزایش دما، کاهش می‌یابد.
 پ- در صورت تغییر دما نسبت غلظت مولی فراورده‌ها به غلظت مولی واکنش‌دهنده‌ها ثابت می‌ماند.
 ت- با افزایش دما، فشار سامانه ثابت باقی می‌ماند.

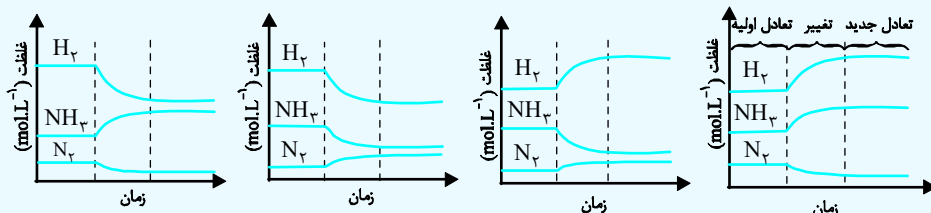


تمرین

- ۴۰ در تعادل گازی $A(g) \rightleftharpoons B(g)$ ، درصد مولی A در دماهای ۲۰۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲۵ و ۴۰ درصد است. درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.
- آ- مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها از مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها کم‌تر است.
- ب- با افزایش دما، به دلیل کاهش انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش رفت و برگشت افزایش می‌یابد.
- پ- مقدار ثابت تعادل آن در دمای ۳۰۰ درجه برابر ۱/۵ است.
- ت- پس از افزایش دما از ۲۰۰ درجه به ۳۰۰ درجه، پس از جابه‌جایی تعادل دما دوباره به ۲۰۰ درجه می‌رسد.
- ث- سطح انرژی قله نمودار انرژی - پیشرفت واکنش به سطح انرژی فراورده‌ها نزدیک‌تر است.

تمرین

- ۴۱ در تعادل گازی $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ، با افزایش دما، نمودار تغییرات غلظت مواد موجود در تعادل به چه صورت خواهد بود؟



تمرین

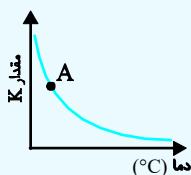
- ۴۲ با توجه به داده‌های جدول، که به واکنش تعادلی گازی $2SO_3 \rightleftharpoons 2SO_2 + O_2$ در ظرفی در بسته مربوط است، درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.

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

- آ- با کاهش دما، تعداد مول گوگرد تری اکسید افزایش می‌یابد.
- ب- میزان پیشرفت واکنش در دمای ۲۲۵°C بیشتر از دمای ۲۵°C است.
- پ- مجموع آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها در آن، نسبت به فراورده‌ها بیشتر است.

تمرین

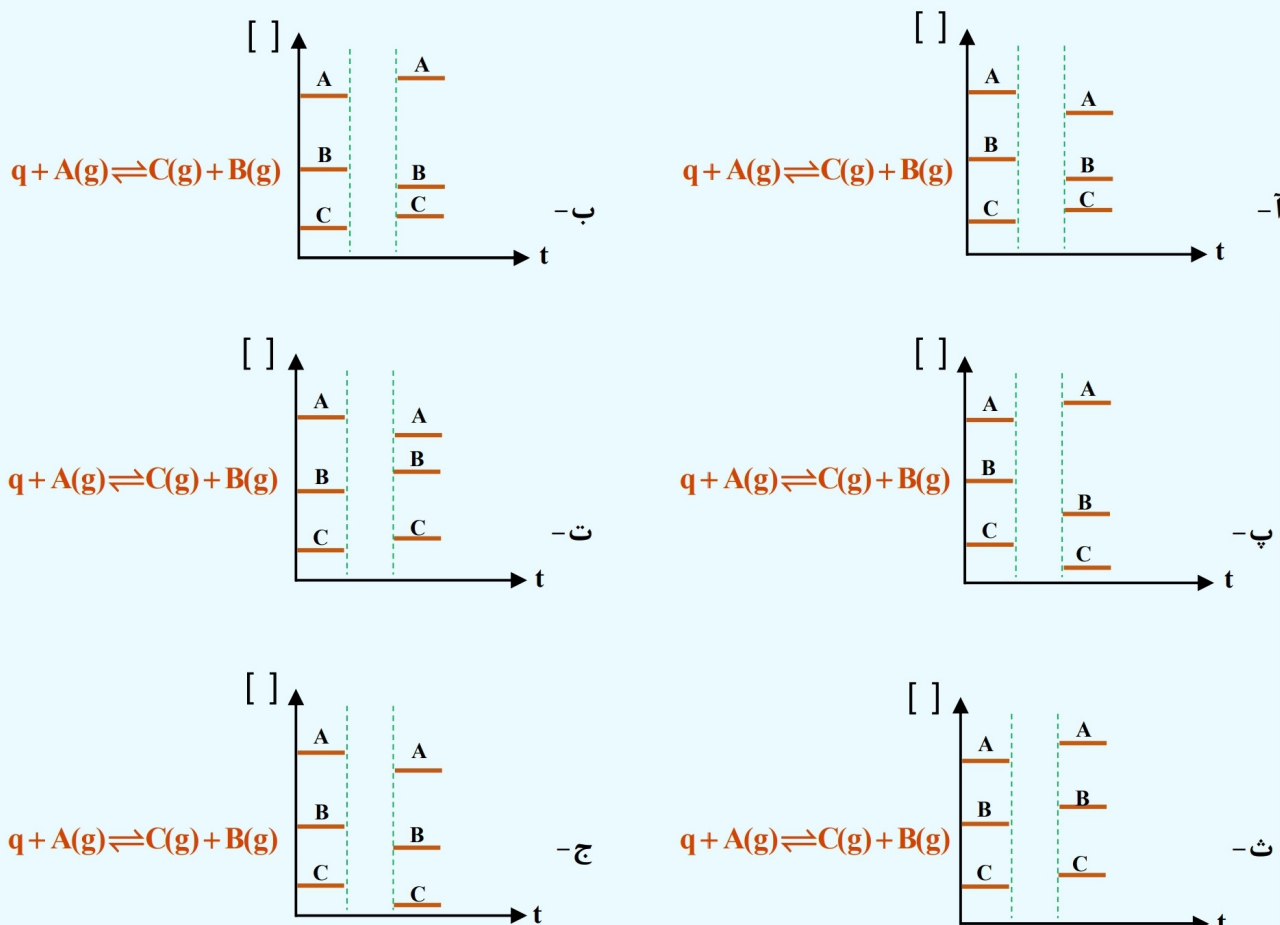
- ۴۳ با توجه به نمودار زیر که تغییرات مقدار ثابت تعادل یک تعادل فرضی به صورت $2x(g) \rightleftharpoons y(g)$ را با تغییر دما نشان می‌دهد، درستی یا نادرستی هریک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.
- آ- در دماهای بالا واکنش پیشرفت کم‌تری دارد.
- ب- با افزایش دما، تعداد ذرات موجود در ظرف کاهش می‌یابد.
- پ- واکنش در جهت برگشت گرماده است.





تمرین ✓

۴۴) در تعادل گازی $Q + A(g) \rightleftharpoons C(g) + B(g)$ ، با تحمیل چه تغییر یا تغییراتی، نمودار مربوطه به صورت داده شده خواهد بود؟



کارهای هابر روی واکنش تهیه‌ی آمونیاک

- ۱) او می‌دانست که با افزایش دما و تامین انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش افزایش خواهد یافت.
 - ۲) او هر چه دما را بالا می‌برد، واکنش با سرعت بیشتری انجام می‌شد اما با پیشرفت کمی به تعادل می‌رسید و درصد مولی آمونیاک در مخلوط کاهش می‌یافت.
 - ۳) او با استفاده از کاتالیزگر توانست واکنش را در دماهای پایین‌تر با سرعت مناسب انجام دهد.
 - ۴) او برای افزایش درصد مولی آمونیاک از افزایش فشار بر سامانه بهره برد.
 - ۵) در شرایط بهینه برای تولید آمونیاک، تنها ۲۸ درصد مولی مخلوط را آمونیاک تشکیل می‌دهد.
 - ۶) هابر در پایان برای جداسازی آمونیاک از مخلوط واکنش، از تفاوت آشکار در نقطه جوش آمونیاک با دو گاز دیگر استفاده کرد.
- شکل زیر شمایی از فناوری تولید آمونیاک به روش هابر را نشان می‌دهد. به نکات آن دقت کنید:

