

سینتیک شیمیایی: سینتیک به بررسی سرعت واکنش ها و عوامل مؤثر بر آن و چگونگی انجام واکنش ها  
 شیمیایی می پردازد. مثلاً می گوییم واکنش کند انجام می شود یا کند. یا مثلاً سینتیک  
 می گوییم که چه کسی تا سرعت یک واکنش افزایش پیدا کند. یا می گوییم که واکنش کند یا مثلاً سینتیک  
 می گوییم که با واکنش در چه شرایطی انجام می شود یا چگونه انجام می شود  
 ترمودینامیک: امکان وقوع واکنش را پیش بینی می کند ( DG )

مثال: زنگ زدن آهن واکنش خود به خود است یعنی انجام می شود و این از نظر ترمودینامیک  
 پذیرفته است و برای ترمودینامیک مهم نیست که واکنش در چه مدت زمانی انجام می شود  
 ولی سینتیک مشخص می کند که این واکنش در چه زمانی انجام می شود ( شاید ۱۰ روز  
 شاید ۱۰۰ سال! )

ترمودینامیک امکان وقوع واکنش  
 سینتیک چگونگی وقوع واکنش

۷ ترتیب سرعت واکنش شیمیایی زیر را حفظ کنید

- په سیده شدن کغیر > زنگ زدن آهن > واکنش محلول  $AgNO_3$  و  $HCl$  > انفجار مواد منفجره : سرعت واکنش
- ( بسیار کند ) ( آهن ) ( سریع ) ( بسیار سریع )

سرعت واکنش: با کمیت هایی مانند حجم ۲- جرم ۳- دما ۴- غلظت ۵- رتبه  
 می توان تعداد زره های تولید شده یا مصرف شده را اندازه گیری کرد و سرعت واکنش به  
 صورت زیر بدین صورت بدین صورت

سرعت مصرف واکنش: در واکنش فرض  $A \rightarrow B$  گذشت زمان از مقدار  $A$   
 کم می شود و  $B$  اضافه می شود یعنی  $n_A < n_B$  (تعداد مول های  $A$  تا تولید کو چقدر از تعداد مول های اولیه)

و سرعت مصرف این واکنش در واحد زمان به صورت روبه روست  

$$\bar{R}_A = \frac{-\Delta n}{\Delta t}$$
 علامت  $-$  به خاطر این است که  $\Delta n$  منفی است ( $n_A < n_B$ ) و سرعت همیشه کمیتی

سرعت متوسط تولید واکنش با تغییرات قبلی در واکنش  $A \rightarrow B$  به مقدار

$$\bar{R}_B = \frac{+\Delta \eta}{\Delta t} \leftarrow n_2 > n_1 \leftarrow \text{افزایش می شود با گذشت زمان}$$

واحد سرعت: سرعت دارای واحدهای متفاوتی است

اگر ماده جامد (s) یا مایع (l) باشد  $\left( \frac{\text{mol}}{\text{min}}, \frac{\text{mol}}{\text{h}}, \frac{\text{mol}}{\text{s}} \right) R$  واحد

" ماده محلول (aq) باشد  $\left( \frac{\text{mol}}{\text{زمان}} = \frac{M}{\text{زمان}} \right) R$  واحد

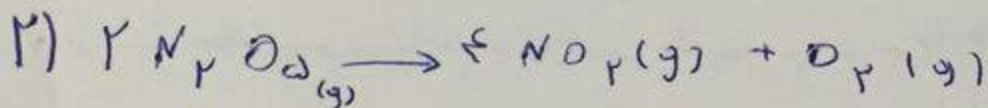
" گاز (g) باشد  $\left( \frac{\text{mol}}{\text{زمان}} = \frac{ml}{\text{زمان}} \right) R$  واحد

معادله نویسی: چند واکنش مسه در کتاب درسی وجود دارد که برای حل مسئله ما با بدانیم

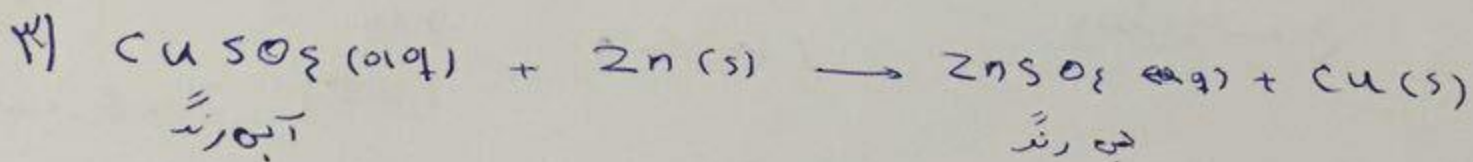
مختار کنید



هیدروکلریک اسید      کلسیم کربنات



نیتروژن (V) اکسید



آب‌رنگ

نقره رنگ

نکات:

۱- سرعت واکنش فرم  $aA + bB \rightarrow cC + dD$  به صورت زیر است

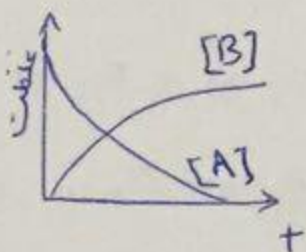
$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d}$$

۲- سرعت فرآیندها (سرعت تولید فرآورده ها) و سرعت واکنش دهنده ها (سرعت

مصرف واکنش دهنده ها) هم دو با گذشت زمان کاهش می یابند

ظرف ۱۲ در واکنش گرمی  $A \rightarrow B$  با نفست زمان از غلظت A کم می شود و به غلظت B اضافه

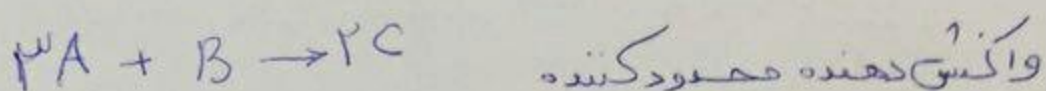
می شود و نمودار غلظت - زمان این واکنش بصورت زیر است ←



حسی خط معاف بر منحنی غلظت در هر لحظه نشان دهنده سرعت لحظه ای تولید یا مصرف

است که با گذشت زمان سرد و طهس می آیند

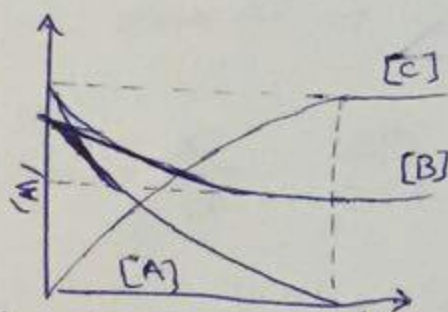
قطر غلظت مواد با عدد و ضرایب بصورت یک خط افقی در نمودار غلظت - زمان است یعنی ثابت می باشد



واکنش دهنده محدود کننده

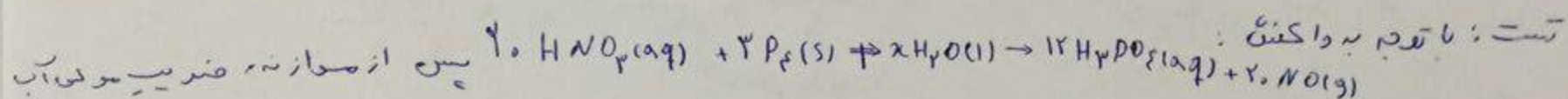
اکریک واکنش دهنده محدود کننده باشد غلظت آن زودتر تمام می شود و غلظت بقیه ای مواد

ثابت می ماند نمودار آن بصورت درجه رو است



(+) (دقت کنید با تمام شدن

غلظت A که محدود کننده است بقیه مواد غلظتشان ثابت است)

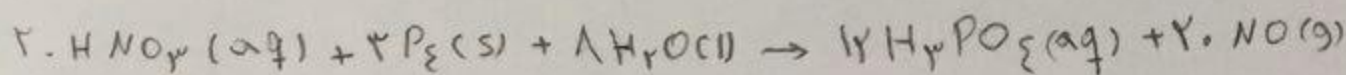


برابر و سرعت توسط تولید  $H_3PO_4$  برابر سرعت متوسط مصرف  $H_2O$

است (سراسر تجربی ۱۹)

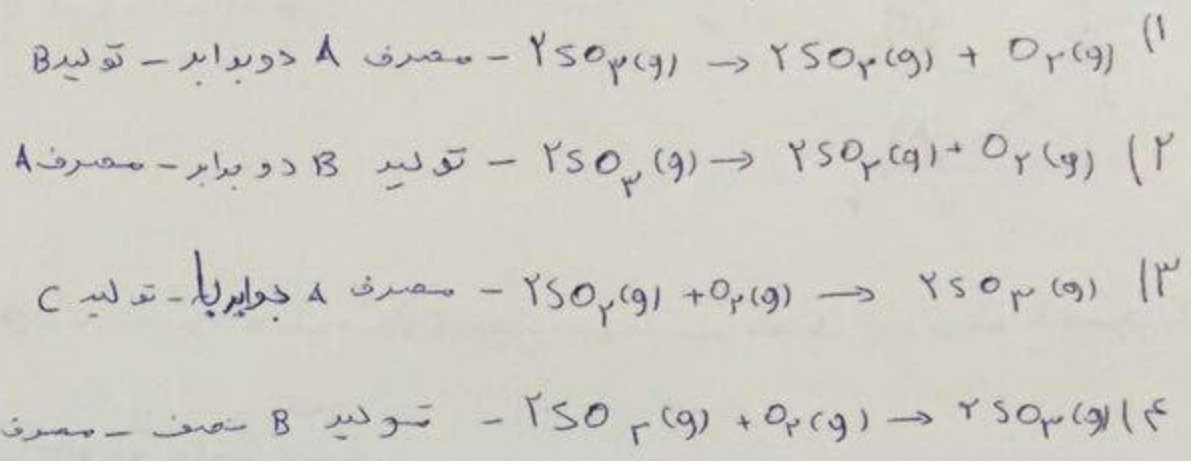
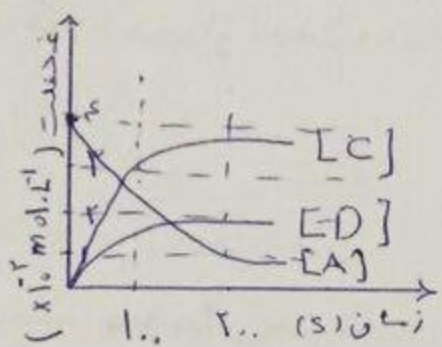
$$1 - 12 \quad 14 \quad 3 \quad 15 - 8 \quad 12 - 12 \quad 12 \quad 12 - 1 \quad 14$$

پس از موازنه واکنش به صورت زیر در می آید:



$$\frac{\overline{R}_{H_2O}}{1} = \frac{\overline{R}_{H_3PO_4}}{12} \rightarrow \frac{\overline{R}_{H_3PO_4}}{\overline{R}_{H_2O}} = \frac{12}{1} = 12$$

شودار همی که زیر را به تغییر غلظت مواد ضمن پیشرفت کدام واکنش می توان نسبت داد؟  
 و بد اساس آن، A می تواند گاز ----- باشد و سرعت واکنش از نظر ----- سرعت آن از نظر ----- است.  
 (مراستی روی کاغذ ۱۴)



با توجه به نمودار از A کم شده B و C اما نه شش طرف چپ به ماده است  
 سه ردگدینه های ۳ و ۴ و ۵ از طرفی با توجه به فداایب است که کیفیت سرعت معرف A (50) است  
 دو برابر سرعت تولید B (O<sub>2</sub>) است

$$\frac{R_{SO_2}}{2} = R_{O_2} \rightarrow \frac{R_{SO_2}}{R_{O_2}} = 2$$

مسائل سرعت! تبدیل واحد ها ← برای تبدیل  $\frac{mol}{min}$  به  $\frac{mol}{s}$  را تقسیم بر ۶۰ میکنیم

- ۱)  $x \frac{mol}{min} = ? \frac{mol}{s} \rightarrow x \frac{mol}{min} \times \frac{min}{60s} = x \frac{mol}{60s} = \frac{x}{60} \frac{mol}{s}$
- ۲)  $x \frac{mol}{s} = ? \frac{mol}{min} \rightarrow x \frac{mol}{s} \times \frac{60s}{min} = 60x \frac{mol}{min}$
- ۳)  $x \frac{mol}{s} = ? \frac{mol}{L.s} \rightarrow x \frac{mol}{s} \times \frac{1}{L} = x \frac{mol}{L.s}$   
حجم ظرف
- ۴)  $x \frac{mol}{L.s} = ? \frac{mol}{s} \rightarrow x \frac{mol}{L.s} \times \frac{L}{K} = x \frac{mol}{s}$   
حجم ظرف

نتیجه:

تست: اگر در واکنش  $A + B \rightarrow C + D$  تغییرات غلظت A در ثانیه های اول و دوم، سوم

و چهارم بعد از واکنش به ترتیب ۰.۲، ۰.۵، ۱.۲۵، ۲.۱۵، ۳.۵۰، ۵.۰۰، ۷.۵۰، ۱۰.۰۰، ۱۲.۵۰، ۱۵.۰۰

سرعت متوسط ماده A چند مول بر ثانیه است؟ (سراسری تغییر ۲۶)

۱۱ ۱۵.۰ ۱۲ ۱۷.۵ ۱۳ ۱۵.۰ ۱۴ ۱۱.۲۵

مول بر ثانیه همان مول بر لیتر بر ثانیه است و داریم  $\Delta[A]$   $\Delta[A]$   $\Delta[A]$   $\Delta[A]$   $\Delta[A]$   $\Delta[A]$   $\Delta[A]$   $\Delta[A]$   $\Delta[A]$   $\Delta[A]$

$$\bar{R} = \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{2.15 + 1.25 + 0.75 + 0.25}{4} = \frac{4.4}{4} = 1.1$$

تست: واکنش  $AB_2(g) \rightarrow A(g) + 2B(g)$  به صورتی پیش می رود که در هر ساعت غلظت

ماده بی اولیه نصف می شود اگر غلظت ماده بی اولیه برابر  $1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  باشد برای

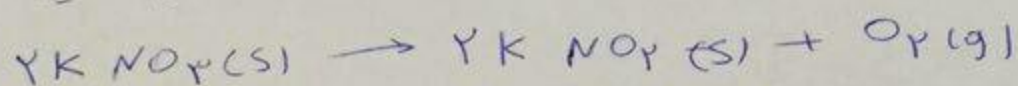
تجزیه بی ۹۳/۷۵٪ مولکول های  $AB_2$  چند ساعت لازم است (سراسری ۱۳)

برای تجزیه ۹۳/۷۵٪  $AB_2$  باید که بار غلظت را نصف کرده و

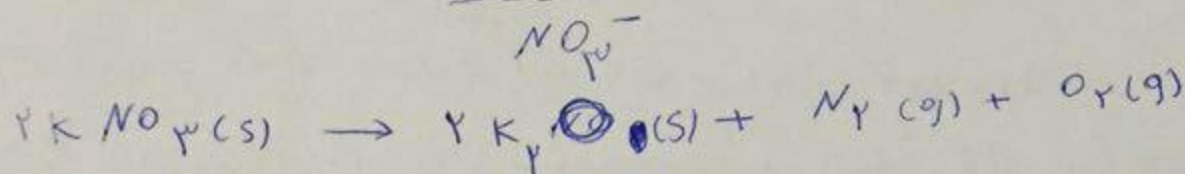
$$\frac{1}{2} \rightarrow \frac{1}{4} \rightarrow \frac{1}{8} \rightarrow \frac{1}{16} \rightarrow \frac{1}{32} \rightarrow \frac{1}{64} \rightarrow \frac{1}{128} \rightarrow \frac{1}{256} \rightarrow \frac{1}{512}$$

۳ ساعت

نکته: در دمای بالای ۵۰۰°C تجزیه پتاسیم نیترات به صورت زیر است



در دمای پایین تر از ۵۰۰°C تجزیه پتاسیم نیترات به صورت زیر است

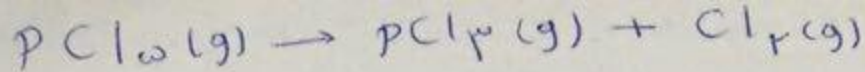


تست: اگر ۸/۳۴ گرم  $PCl_5$  را در ظرفی گرم کنیم و پس از گذشت ۲۰ ثانیه

۲٪ در صد آن تجزیه شده باشد، سرعت تشکیل گاز کلردر این واکنش بر حسب

مول بر دقیقه، کدام است؟ (۱۵: ۳۵/۵، ۳۱: ۳) (سراسری ۱۷)

۱۱ ۰.۲ ۱۲ ۰.۳ ۱۳ ۰.۴ ۱۴ ۰.۵



$$1.134 \text{ g } PCl_5 \times \frac{1 \text{ mol } PCl_5}{207.2 \text{ g } PCl_5} = 0.0054 \text{ mol } PCl_5$$

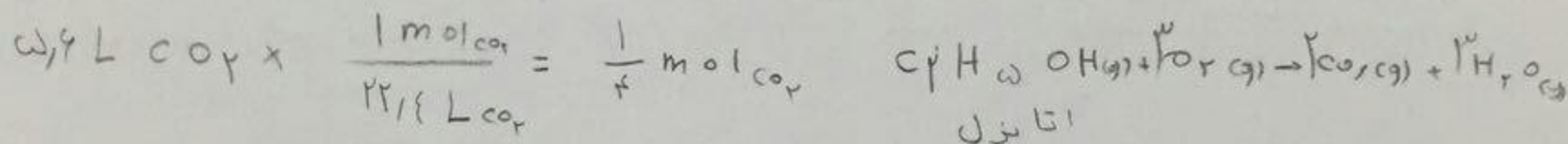
$$\text{مقدار تجزیه شده} = 0.0054 \times \frac{125}{100} = \frac{0.675}{100} = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

$$R_{PCl_5} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{0.0054}{10} = 0.00054 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow R_{PCl_5} = R_{Cl_2}$$

این تست اشتباه مطرح شده اگر به جای ۲۵ درصد می گفت ۲۵ درصد گزینیه ۲ درست است و این روند کار به همین صورت است

تست: اگر در واکنش سوختن اتانول، پس از ۱۰ ثانیه، مقدار ۰/۶ لیتر گاز  $CO_2$  در شرایط STP تشکیل شود، سرعت تبدیل مقدار اکسیژن در این واکنش چند مول بر دقیقه است؟ (سراسری ریاض ۸۸)

- ۱) ۲۲/۱      ۲) ۲۵/۱      ۳) ۱۳/۲      ۴) ۱۴/۱



$$0.6 \text{ L } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{22.4 \text{ L } CO_2} = \frac{1}{4} \text{ mol } CO_2$$

$$R_{CO_2} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{4} \text{ mol } CO_2}{\frac{5.4 \text{ min}}{4.8}} = \frac{4}{20} = \frac{3}{10} \rightarrow \frac{R_{CO_2}}{2} = \frac{R_{O_2}}{3} \rightarrow$$

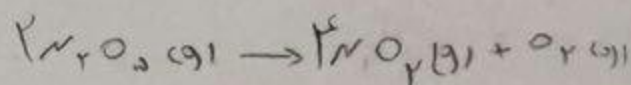
$$\frac{3}{20} = \frac{R_{O_2}}{3} \rightarrow R_{O_2} = \frac{9}{20} \times \frac{5}{5} = \frac{45}{100} = 0.45 \rightarrow \text{گزینه ۴}$$

تست: اگر در تجزیه ی گرمایی  $N_2O_5$  و تبدیل آن به گازهای  $O_2$  و  $NO_2$ ، پس از گذشت

۲ دقیقه ۰/۵۸ مول از آن باقی بماند و ۰/۰۶ مول گاز اکسیژن آزاد شود، مقدار اولیه  $N_2O_5$  چند مول بوده است و سرعت متوسط تشکیل گاز  $NO_2$  چند مول بر ثانیه است (عدد صحیح است به چه می توانید) (سراسری تجربی ۸۸)

- ۱) ۱۲/۱ - ۱۰۰۲      ۲) ۱۲/۱ - ۱۰۰۴      ۳) ۱۲/۱ - ۱۰۰۲      ۴) ۱۲/۱ - ۱۰۰۴

$$0.06 \text{ mol } O_2 = ? \text{ mol } N_2O_5$$



$$0.06 \text{ mol } O_2 \times \frac{2 \text{ mol } N_2O_5}{1 \text{ mol } O_2} = 0.12$$

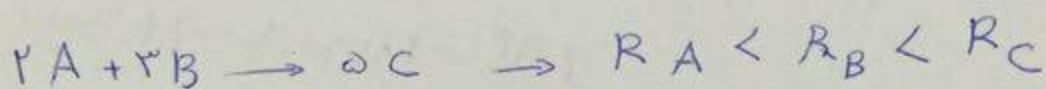
www.ShimiPedia.ir

$$\Delta t = 2 \frac{\text{min}}{\text{min}} \times \frac{7.5}{\text{min}} = 15 \text{ s} \rightarrow \bar{R}_{O_2} = \frac{1.5}{15} = 0.1$$

$$R_{O_2} = \frac{R_{NO_2}}{4} \rightarrow R_{NO_2} = 4 R_{O_2} = 4 \times 0.1 = 0.4$$

نکته: اگر در مسئله‌ای واکنش محدود کننده داشته (۲ تا غلظت داده بودن از دو ماده) ابتدا ماده محدود کننده را تعیین می‌کنیم چه طوری؟ این طور به مقدار داده شده را بر ضریب مواد تقسیم می‌کنیم و هر کدام که کوچکتر بود محدود کننده است و سرعت‌ها را با ماده محدود کننده را حساب می‌کنیم و بقیه مواد را نسبت به آن سرعتشان را تعیین می‌کنیم در کنگره سایرین تا به حال از محدود کننده ها سوال نیامده ولی شاید در کنگره آمار

نکته: در واکنش ضریب ماده ای که کوچکتر است سرعتش هم کمتر است

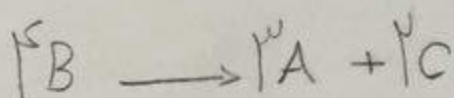


مثال: مقادیر A و B و C و D را بر حسب داده های زیر بنویسید

$$R_A = \frac{\Delta n_A}{\Delta t}, R_B = \frac{-\Delta n_B}{\Delta t}, R_C = \frac{\Delta n_C}{\Delta t}, \text{ و } 4R_A = 2R_B = 4R_C$$

چون  $\Delta n_B$  علامت منفی وجود دارد یعنی B واکنش دهنده و A و C فراورده است

$$4R_A = 2R_B = 4R_C \xrightarrow{\div 12} \frac{4R_A}{12} = \frac{2R_B}{12} = \frac{4R_C}{12} \rightarrow \frac{R_A}{3} = \frac{R_B}{6} = \frac{R_C}{3}$$



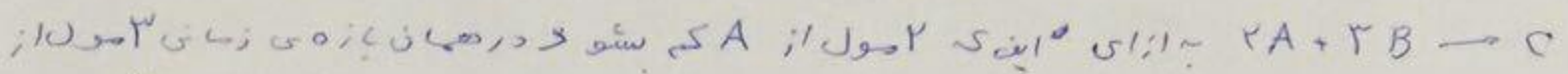
نکته: در آنجا که واکنش اغلب واکنش ها سرعت تولید فراورده ها و مصرف واکنش دهنده ها

خراکن است و با گذشت زمان هر دو کاهش می‌یابد تا سرعت به صفر برسد و

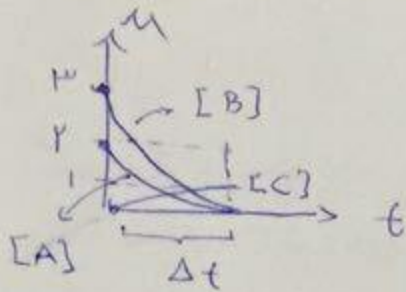
واکنش کامل شود همین است که سرعت به صفر نرسید و به یک عدد ثابت

براست (تفادل)  $\uparrow R \propto \frac{1}{\Delta t} \downarrow$

شکل: غلظت و مقدار مواد بر اساس ضریب استوکیومتری آن تعریف می شود. مثلاً در واکنش



B کم بشود و یک مول c اضافه شود.



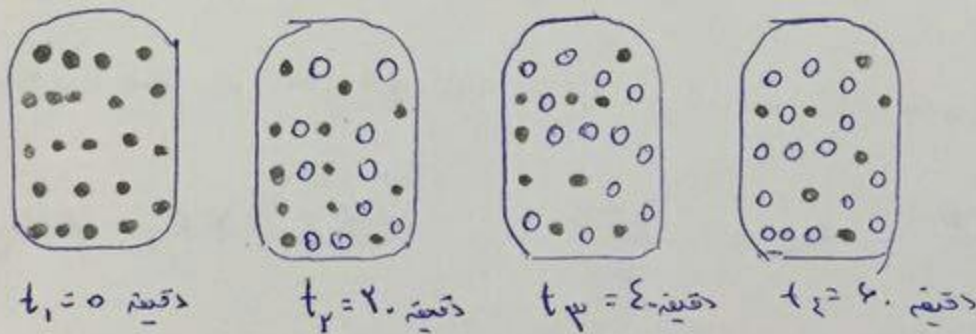
تست: با توجه به شکل زیر که به واکنش فرضی  $A \rightarrow B$  در یک فلز کاتالیزوری مربوط است سرعت متوسط واکنش در فاصله زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  چند  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  و چند برابر سرعت متوسط آن در فاصله زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  است؟ (هرگزی هم ارزش مول از هر ماده است) (سرعتی و یا ض ۱۴)

$$11 \quad 115 = 715 \times 10^{-3}$$

$$12 \quad 115 = 11875 \times 10^{-3}$$

$$13 \quad 3 = 11875 \times 10^{-3}$$

$$14 \quad 3 = 715 \times 10^{-3}$$



$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \frac{R_A}{1} = \frac{R_B}{1}$$

حال برای محاسبه سرعت واکنش یا سرعت B را حساب می کنیم یا سرعت A ما سرعت A را

حساب می کنیم

$$\Delta n_A = - (9 - 14) \times 10^5 = 5 \times \frac{10^5}{100} = \frac{5}{100}$$

تعداد گوی سیاه در  $t_1$       تعداد گوی سیاه در  $t_2$

$$\Delta t (t_2 - t_1) = 4 - 2 = 2 \text{ min}$$

$$\Delta [A] = \frac{\Delta n_A}{V} = \frac{\frac{5}{100}}{4} = \frac{5}{400} = \frac{1}{80}$$

$$R = \frac{\Delta [A]}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{80}}{2} = \frac{1}{160} = 1,875 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

گزینه های د -  $1,875 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

از ۴ حذف



حالت است  $\bar{R}_A (t_3 \text{ تا } t_4) = \bar{R}_A (t_3 \text{ تا } t_4)$  و حساب می‌کنیم به وقت

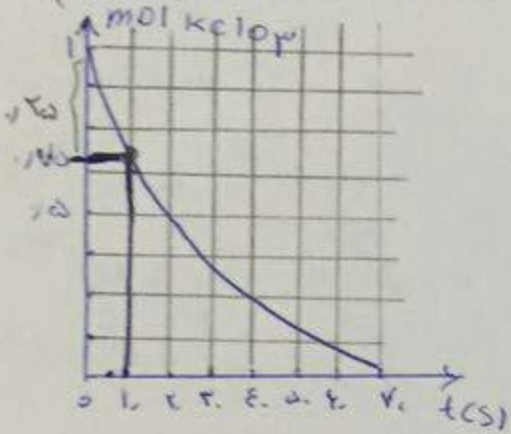
عدد  $1.875 \times 10^{-3}$  و  $R_A$  در  $(t_3 \text{ تا } t_4)$  در نزارین صاف! چون ساده می‌تواند بین:

$$\frac{\bar{R}_A (t_3 \text{ تا } t_4)}{\bar{R}_A (t_4 \text{ تا } t_3)} = \frac{\frac{(14.9) \times \cancel{40}}{40}}{\frac{(9-7) \times \cancel{40}}{40}} = \frac{3}{2} = 1.5$$

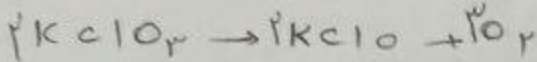
نتیجه: با توجه به نمودار و  $R$  در  $t_3$  به تقریب چند ثانیه لازم است تا  $50 \text{ mL}$  گاز  $O_2$  از تجزیه

چنانچه کلمات در کلمات و جادرت  $MnO_2$  به دست می‌آید؟ (چگالی گاز  $O_2$ )

در شرایط آزمایش، برابر  $1.8 \text{ g} \cdot L^{-1}$  و  $16 \text{ g} \cdot mol^{-1}$  است. (سراسری تجربی ۹۲)



نمودار بر حسب  $mol \cdot KClO_3$  است پس ما باید داده مسئله مان را به  $mol \cdot KClO_3$  برسانیم

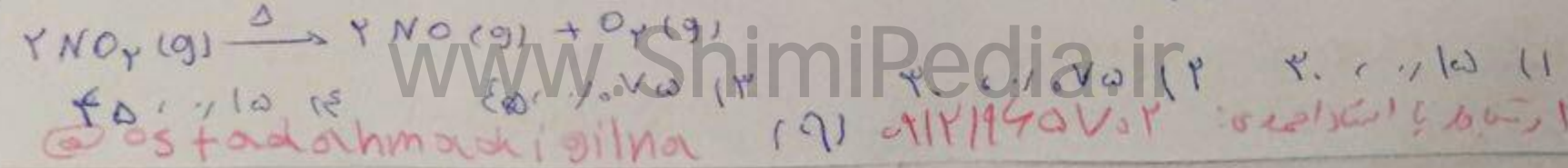


$$1.5 \text{ L } O_2 \times \frac{1.8 \text{ g } O_2}{1 \text{ L } O_2} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \times \frac{2 \text{ mol } KClO_3}{3 \text{ mol } O_2} = 0.25$$

پس یعنی  $0.25$  مول از  $KClO_3$  کم می‌شود یعنی  $0.25$  باقی می‌ماند با توجه به نمودار این تغییرات در  $1.5$  ثانیه انجام شد.

نکته: بدون در نظر گرفتن ضرایب استوکیومتری هنگامی نصف واکنش دهنده ما مصرف می‌شود که نصف  $NO_2$  ده ما تبدیل شده باشد و این هیچ ربطی به نسبت تفصیلات باقی‌مانده ضرایب استوکیومتری ندارد (قانون بقای جرم) اگر در آن واکنش  $A$  مول داشته باشیم اگر  $2$  مول  $A$  باقی مانده باشد باید  $2$  مول هم  $B$  تولید شده باشد که روی هم بشوند  $4$  مول (مقدار اولیه)

نتیجه: اگر در واکنش تجزیه  $NO_2$   $4.5$  مول گاز  $NO_2$  مطابق واکنش زیر، بداند گرم پس از  $10$  ثانیه  $1.38$  گرم از آن باقی مانده باشد، سرعت متوسط تشکیل گاز  $O_2$  برابر چند مول بر ثانیه است و با فرض این که واکنش با همین سرعت متوسط پیش برود، چند ثانیه طول می‌کشد تا  $4.5$  مول از این گاز تجزیه شود؟ ( $16 \text{ g} \cdot mol^{-1}$ ) (سراسری ۹۵ ریاضی)







عوامل مؤثر بر سرعت واکنش :

۱- واکنش پذیری (فعالیت شیمیایی) واکنش دهنده ها : مستقیماً عامل مؤثر بر سرعت است و اما نوع طبع این عامل  $\rightarrow$  دو طرف را تصور کنید که در  $H_2O$  هر دو طرف وجود دارد (آب خالص) و در بین فلز پتاسیم و دردیتری فلز لیتیم قرار می دهیم پس بینیم که آن که فلز پتاسیم را در آن ریخته سریع تر رخ می دهد تا آب را پس لیتیم پس پتاسیم واکنش پذیری بیشتری نسبت به لیتیم دارد ، از این جا به بعد نکته ما این است که طریقی از کتاب است

۱- واکنش پذیر فلزها را به دو دسته فلزی و قلیایی قلیایی (به جز Be) از بالا به پایین با آب افزایش می یابد

واکنش پذیری و سرعت واکنش با آب :

$$\begin{cases} Li < Na < K < Rb < Cs \\ Be < Mg < Ca < Sr < Ba \end{cases}$$

۲- واکنش پذیری هالوژن ها از بالا به پایین کاهش می یابد :  $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$  : واکنش پذیری هالوژن ها

۳- واکنش گازها نسبت به جامدات از بالا به پایین افزایش می یابد (از کویسیون به پایین)

۴- فلزها قلیایی فلزی فلز قلیایی : سرعت واکنش با آب

دانستن این نکته ها مربوط به بیشتر بدانید است اما حتی از این ها مطرح نشده است فقط باید بدانید که واکنش پذیری مواد متفاوت است

۲- دومین عامل تأثیر دهنده است : دما تعداد برخوردها مولکول های مواد را افزایش می دهد

و جذب رجه ها مواد افزایش می یابد در نتیجه سرعت واکنش ها بیشتر می یابد .

✓ اگر بخواهند گوشت دیدند فاسد شود آن را منجمد می کنند یعنی دما را کم می کنند در نتیجه سرعت فاسد شدن گوشت کاهش پیدا می کند .

✓ افزایش ~~دما~~ <sup>دما</sup> سرعت واکنش های را که انرژی فعال سازی زیاد دارند را ~~بیشتر~~ <sup>بیشتر</sup> افزایش می دهد (انرژی فعال سازی را جلوتر می خوانیم)

✓ افزایش دما فاصله سرعت واکنش را زیاد می کند و تأثیرش بر مقدار نهایی ندارد یعنی

اگر ۲ ساعت ۱۰۰ گرم ماده تولید کرده ایم دما را ۱۰۰ درجه بیشتر کردیم تا ۲ ساعت ۱۰۰ گرم ماده درست می کند

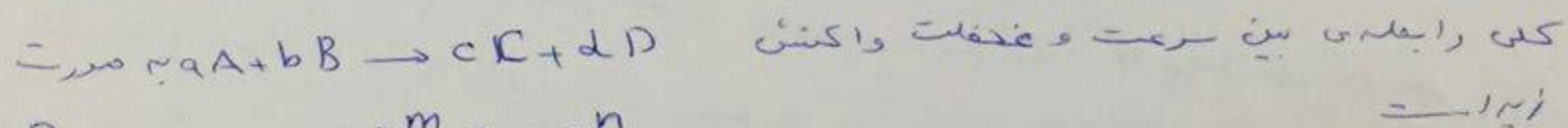
۳- سومین عامل تأثیر غلظت است کی اگر غلظت مواد واکنش دهنده را زیاد کنیم تعداد برخوردهای مولکول‌های واکنش دهنده افزوده می‌شود و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می‌یابد. همیشه سرعت واکنش با افزایش دهنده واکنش بیشتر می‌گردد و این را می‌توانیم به کمک قانون واکنش دهنده یا افزایش دهنده (حتی اگر غلظت واکنش در واکنش‌های مرتبه‌ی صفر تغییر غلظت سرعت واکنش را تغییر نمی‌دهد)

۴- تغییر فشار: تغییر فشار یعنی تغییر حجم اگر حجم را افزایش دهیم (فشار را کم کنیم) غلظت کم می‌شود در نتیجه سرعت کم می‌شود بالعکس در اقل بی از مواد گازی باشد واکنش دهنده

که محدودی است یعنی با دید بی‌گاز عودا کنش وجود داشته باشد

۵- سطح تماس میان ذره‌های واکنش دهنده: هرچه سطح تماس میان ذره‌های واکنش دهنده بیشتر باشد سرعت واکنش بیشتر است. تراشه‌های چوب سریع‌تر از تکه‌های چوب می‌سوزند زیرا سطح تماس آن‌ها با اکسیژن هوا بیشتر است و اگر تمام مواد واکنش دهنده هم‌فاز باشند واکنش از سرعت بیشتری برخوردار است

قانون سرعت: گفته می‌شود که با افزایش غلظت سرعت واکنش بیشتر می‌گردد در حالت کلی رابطه‌ی بین سرعت و غلظت واکنش



$$R = k [A]^m [B]^n$$

$m$  و  $n$  مرتبه‌ی  $A$  و  $B$  هستند و  $m+n$  مرتبه‌ی واکنش هستند که  $m$  و  $n$

می‌توانند صفر و مثبت یا منفی

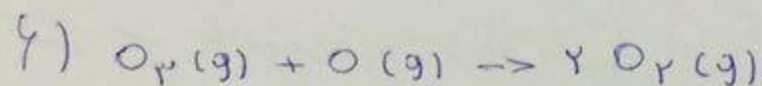
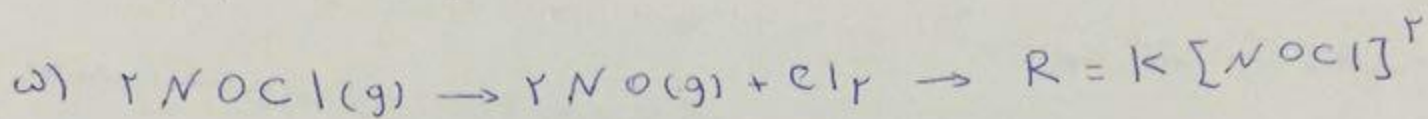
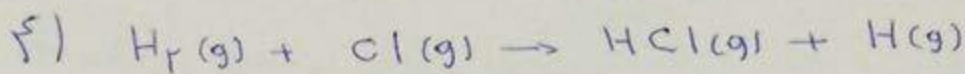
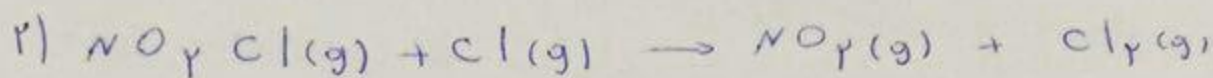
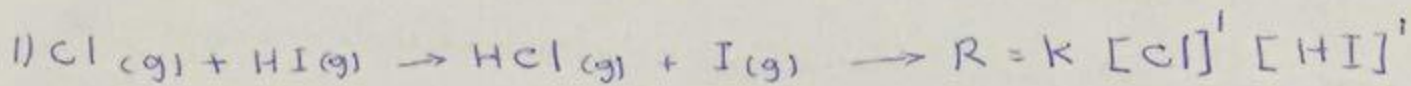
$m$  و  $n$  در واکنش‌های بنیادی ضریب مواد  $A$  و  $B$  هستند و می‌تواند در همه واکنش‌ها

$k$ : ثابت سرعت نامیده می‌شود و به دما و یک ثابت کم بستگی دارد

در قانون سرعت  $R$  سرعت لحظه‌ای را به ما می‌دهد

اگر  $m$  و  $n$  صفر باشند (مرتبه صفر)  $R = k$

واکنش‌های بنیادی زیر را حفظ کنید که شریک استوکیومتری آن‌ها مرتبش آن است



✓ واکنش مرتبه‌ی یک یعنی  $m+n=1$  یعنی یا  $m$  صفره یا  $n$  یعنی باید طرف واکنش دهنده‌ها

به ماده وجود داشته باشد (والیته گازی باشد)  $R = k [A]^1$  مثل تجزیه‌ی  $N_2O_5$

به صورت  $(N_2O_5 + O_2) \rightarrow 2N_2O$  یک واکنش مرتبه‌ی یک است

لذا واکنش‌های مرتبه ۱ با  $n$  برابر شدن غلظت سرعت  $n$  برابر می‌شود و در

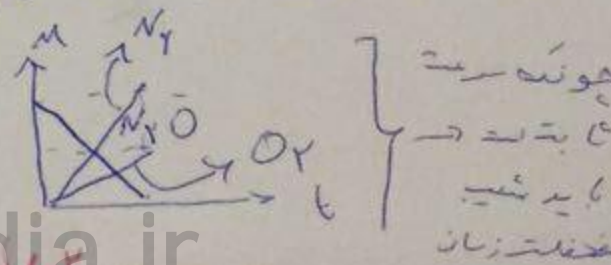
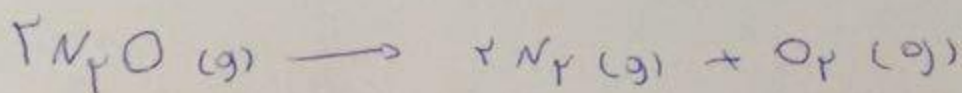
واکنش‌های مرتبه ۲ با  $n$  برابر شدن غلظت سرعت  $n^2$  برابر می‌شود و در واکنش

مرتبه ۳ با  $n$  برابر شدن سرعت  $n^3$  برابر می‌شود و ... (به دلیل  $R = k [A]^m [B]^n$ )  
 $R \propto [A]^m [B]^n$

✓ نمودار سرعت بر حسب غلظت در مرتبه‌های مختلف، متفاوت است مثلاً در مرتبه‌ی

اول به صورت خطی ( $R = k[A]$ ) در مرتبه‌ی صفر  $R = k$  به صورت یک خط عمود

و ثابت است چون واکنش مرتبه‌ی صفر غلظت بر سرعت تأثیر ندارد مثلاً تجزیه‌ی  $N_2O$  یک واکنش مرتبه‌ی صفر است



(یکای K)

یکای مرتبه صفر  $\rightarrow R = k [A]^m [B]^n \xrightarrow{m+n=0} R = k \rightarrow \text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = R$  یکای

در رابطه قانون سرعت  
سرعت باید به حسب  
مول بر لیتر ثانیه باشد

$\rightarrow k$  یکای  $= \text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  در مرتبه صفر

یکای مرتبه 1  $\rightarrow R = k [A] \rightarrow \begin{cases} R \text{ یکای} = \text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ [A] \text{ یکای} = \text{mol.L}^{-1} \end{cases}$

$\rightarrow \text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = (k \text{ یکای}) \text{mol.L}^{-1} \rightarrow k \text{ یکای} = \text{s}^{-1} = \frac{1}{\text{s}}$   
در مرتبه 1

یکای مرتبه 2  $\rightarrow R = k [A] [B] \rightarrow \begin{cases} R \text{ یکای} = \text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ [A] \text{ یکای} = \text{mol.L}^{-1} \\ [B] \text{ یکای} = \text{mol.L}^{-1} \end{cases}$

$\rightarrow \text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = (k \text{ یکای}) \text{mol.L}^{-1} \times \text{mol.L}^{-1} \rightarrow k \text{ یکای} = \text{mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}$   
در مرتبه 2

یکای مرتبه 3  $\Rightarrow (k \text{ یکای}) = \text{mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

یکای مرتبه m+n  $\Rightarrow (k \text{ یکای}) = \text{mol}^{1-(m+n)} \cdot \text{L}^{(m+n)-1} \cdot \text{s}^{-1}$

✓ K یک کمیت تجربی است. و m, n به صورت تجربی حساب می شوند.

مثت: واکنش  $A + 2B \rightarrow P + Q$  از قانون سرعت  $R = k[A][B]$  پیروی

می کند  $(k = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1})$ . در آغاز واکنش 2 مول از ماده سی A

و 1 مول از ماده سی B در 3 لیتر محلول وجود دارد. سرعت آغاز واکنش

و مقدار آغازی  $\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$  بر حسب  $\text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  به ترتیب کدام اند؟ (گزینه ها را از

- چهارگزینه ای بخواهید) (سراسری ریاضی خارج 91)
- ۱)  $2 \times 10^{-4}, 4 \times 10^{-4}$
  - ۲)  $2 \times 10^{-5}, 4 \times 10^{-5}$
  - ۳)  $8 \times 10^{-4}, 4 \times 10^{-4}$
  - ۴)  $8 \times 10^{-5}, 4 \times 10^{-5}$

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

$$R = k[A][B] = 3 \times 10^{-3} \times \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} = 4 \times 10^{-5} \rightarrow \text{رد گزیده های اول}$$

$\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$  ← همان سرعت مصرف B است که برابر است با R

$$R_{\text{دکتر}} = \frac{R_B}{2} \rightarrow 4 \times 10^{-5} = \frac{R_B}{2} \rightarrow 8 \times 10^{-5} = R_B$$

توجه: با توجه به جدول زیر که مربوط به واکنش:  $2 \text{NO(g)} + 2 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  مرتبه واکنش نسبت به  $\text{H}_2$  و  $\text{NO}$  به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (بر اساس تجربین خارج ۹۱)

سرعت واکنش پس از گذشت مدت کوتاهی از آنتز واکنش ( $\text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )	غلظت واکنش دهنده ها در آغاز واکنش ( $\text{mol.L}^{-1}$ )		شماره آزمایش
	$[\text{NO(g)}]$	$[\text{H}_2(\text{g})]$	
$1/23 \times 10^{-3}$	۱	۱	۱
$2/44 \times 10^{-3}$	۱	۲	۲
$4/92 \times 10^{-3}$	۲	۱	۳

۱۱ و ۱  
۱۲ و ۱  
۱۳ و ۲  
۱۴ و ۲

راه حل اول: حل تشریحی:

$$\text{آزمایش ۱} \rightarrow 1/23 \times 10^{-3} = k [1]^m [1]^n \quad \textcircled{1}$$

$$\text{آزمایش ۲} \rightarrow 2/44 \times 10^{-3} = k [1]^m [2]^n \quad \textcircled{2}$$

$$\text{آزمایش ۳} \rightarrow 4/92 \times 10^{-3} = k [2]^m [1]^n \quad \textcircled{3}$$

$$\frac{\textcircled{2}}{\textcircled{1}} \rightarrow \frac{2/44 \times 10^{-3}}{1/23 \times 10^{-3}} = \frac{k [1]^m [2]^n}{k [1]^m [1]^n} \rightarrow 2 = 2^n \rightarrow n = 1$$

مرتبه واکنش نسبت به  $\text{H}_2$  → رد گزیده های اول و دوم

گزینه ۴

$$\frac{\textcircled{3}}{\textcircled{1}} \rightarrow \frac{4/92 \times 10^{-3}}{1/23 \times 10^{-3}} = \frac{k [2]^m [1]^n}{k [1]^m [1]^n} \rightarrow 4 = 2^m \rightarrow m = 2$$

تفسیر ما کجاست

راه حل دوم: حل تستی: این راه حل برای تعداد کم از تست ها جواب می دهد و توضیح نمی شود  
راه حل اول بهترین راه حل است ولی برای این تست راه حل تستی می توان تعریف کرد: با مقایسه آزمایش

① و ③ که غلظت  $\text{H}_2$  ثابت است می بینیم غلظت  $2 \text{NO}$  برابر شد، و سرعت ۴ برابر شده پس مرتبه  $\text{NO}$  می شود ۲

① و ③ که غلظت  $\text{NO}$  ثابت است و  $\text{H}_2$  دو برابر شد یعنی مرتبه  $\text{H}_2$  می شود ۲



تست: با توجه به داده های جدول زیر که به واکنش گازی  $2A(g) + 2B(g) \rightarrow C(g) + 2D(g)$  مربوط است، مقدار  $x$  کدام است؟ (سراسری تجربی ۹۲)

سرعت واکنش ( $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ )	غلظت واکنش دهنده ها در آنها واکنش ( $\text{mol.L}^{-1}$ )		شماره آزمایش
	A	B	
$2,12 \times 10^{-2}$	۱	۱	۱
$4,24 \times 10^{-2}$	۲	۱	۲
$12,72 \times 10^{-2}$	۲	۳	۳
$4,24 \times 10^{-1}$	$x$	۳	۴

۱۲ (۲)

۱۲ (۲)

۱۲ (۴)

۱۳ (۳)

راه حل تستی برای این تست امکان پذیره با مقایسه واکنش های ۱ و ۲ با ۲ برابر شدن غلظت A سرعت ۲ برابر شده پس مرتبه ی [A] یک هستند (دقت کنید برای استفاده از این راه حل باید غلظت یک ماده طی آزمایش ثابت است) و با مقایسه آزمایش ۲ و ۳ (غلظت A ثابت) سه برابر شدن غلظت سرعت سه برابر شده یعنی مرتبه ی [B] یک هستند

① آزمایش ۱  $\rightarrow 2,12 \times 10^{-2} = k [1]^1 [1]^1 \rightarrow k = 2,12$

④ آزمایش ۴  $\rightarrow \frac{1}{3} \times 4,24 \times 10^{-1} = \frac{1}{3} k [x]^1 [3]^1 \rightarrow x = \frac{1}{3}$

تست: رابطه ی قانون سرعت برای واکنش فرضی  $A \rightarrow B$  به صورت  $R = k[A]^2$  است پس از تبدیل ۹۰ درصد ماده ی A به ضاوده، سرعت واکنش چند برابر سرعت آغازی آن خواهد بود. (سراسری ریاضی ۹۳)

۱- ۱/۰۱  $\rightarrow$  ۲- ۱  $\rightarrow$  ۳- ۱/۰۹  $\rightarrow$  ۴- ۱/۹

۹۰٪ ماده A به ضاوده تبدیل شده یعنی ۱۰٪ ماده A باقی مانده پس داریم

$R_1 = k[A]^2$ ,  $R_2 = k[0,1A]^2 \rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{k[0,1A]^2}{k[A]^2} = \frac{0,01}{1} = 0,01$

ارتباط مستقیم با استاد احمدی!

تست با توجه به داده‌های جدول زیر، اگر  $[O_2]$  و  $[NO]$  نسبت به آزمایش ۱۱ به ترتیب ۵ و ۱۰ برابر شود، سرعت واکنش چقدر برابر آزمایش شماره ۱۱ می‌شود؟ (سرعت واکنش را با واحد  $mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$  بیان کنید)

- ۱- ۲۰۰
- ۲- ۲۵
- ۳- ۴۰۰
- ۴- ۵۰۰

شماره آزمایش	$[O_2]$	$[NO]$	$R (mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1})$
۱	$1.1 \times 10^{-2}$	$1.3 \times 10^{-2}$	$3.12 \times 10^{-3}$
۲	$2.2 \times 10^{-2}$	$1.3 \times 10^{-2}$	$6.18 \times 10^{-3}$
۳	$1.1 \times 10^{-1}$	$2.4 \times 10^{-2}$	$12.18 \times 10^{-3}$

ابتدا بررسی واکنش را حساب می‌کنیم. مقایسه آزمایش‌ها را در آنجا که  $[O_2]$  در آن ثابت است با ۲ برابر شدن  $[NO]$  سرعت واکنش  $2^2$  برابر شده یعنی سرعت واکنش نسبت به  $NO$  ۴ است  $R \propto [NO]^2$  و با مقایسه با آزمایش‌ها در  $[NO]$  در آن ثابت است با ۲ برابر شدن  $[O_2]$  سرعت  $2^1$  برابر شده یعنی سرعت واکنش نسبت به  $O_2$  یک است  $R \propto [O_2]$  و رابطه کلی قانون سرعت به صورت زیر در می‌آید  $R = k [NO]^2 [O_2]^1$

$$R_{جدید} = k [1.5 \times 1.3 \times 10^{-2}]^2 [5 \times 1.1 \times 10^{-2}]$$

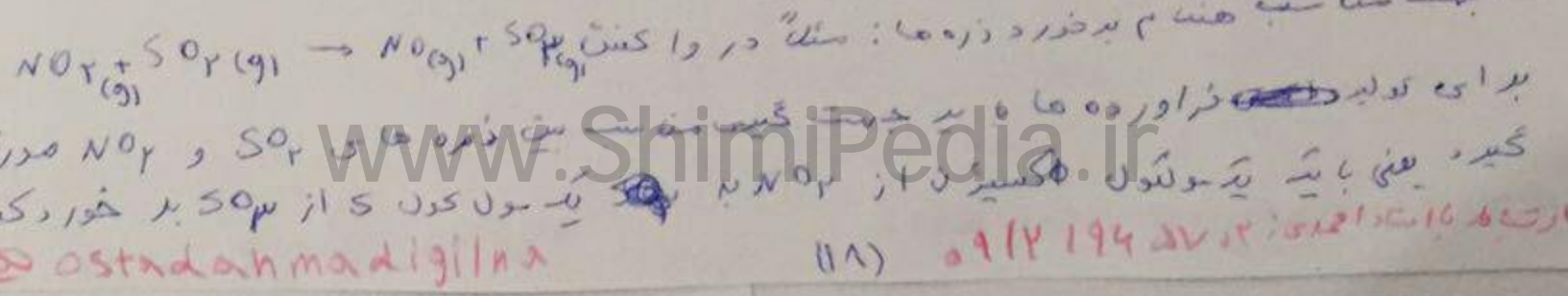
$$R_{آزمایش ۱} = k [1.3 \times 10^{-2}]^2 [1.1 \times 10^{-2}]$$

$$\frac{R_{جدید}}{R_{آزمایش ۱}} = [1.5]^2 \times [5] = 500$$

نظریه‌های سینتیک و نظریه‌های های هستند که واکنش‌های شیمیایی را در سطح میکروسکوپی یعنی در سطح مولکولی بررسی می‌کنند در سینتیک ۲ نظریه می‌سیم داریم که به ترتیب: ۱- نظریه برخورد ۲- نظریه حالت گذار

۱- نظریه برخورد: این نظریه برای واکنش‌هایی در نظر گرفته می‌شود که حتماً باید گازی شکل باشند یعنی همه مواد فاز گاز را داشته باشند و برای واکنش‌های بنیادی هم بنیادی با هم در نازگی قرار گرفته باشد. این نظریه می‌گوید که فرآورده‌ها از برخورد مستقیم مولکول‌های واکنش دهنده (ذره‌های واکنش دهنده) به دست می‌آید یعنی بین ذره‌ها برخورد وجود داشته باشد که این برخورد باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

۱- جهت مناسب هنگام برخورد ذره‌ها: مثلاً در واکنش  $NO_2 + SO_2 \rightarrow NO + SO_3$





مولکول  $SO_2$  به  $S$  برخوردی کند

$NO$  و  $SO_2$  پدید می آید  
به این سی گن جهت گیری مناسب  
(یعنی دست نشانه خوب!)

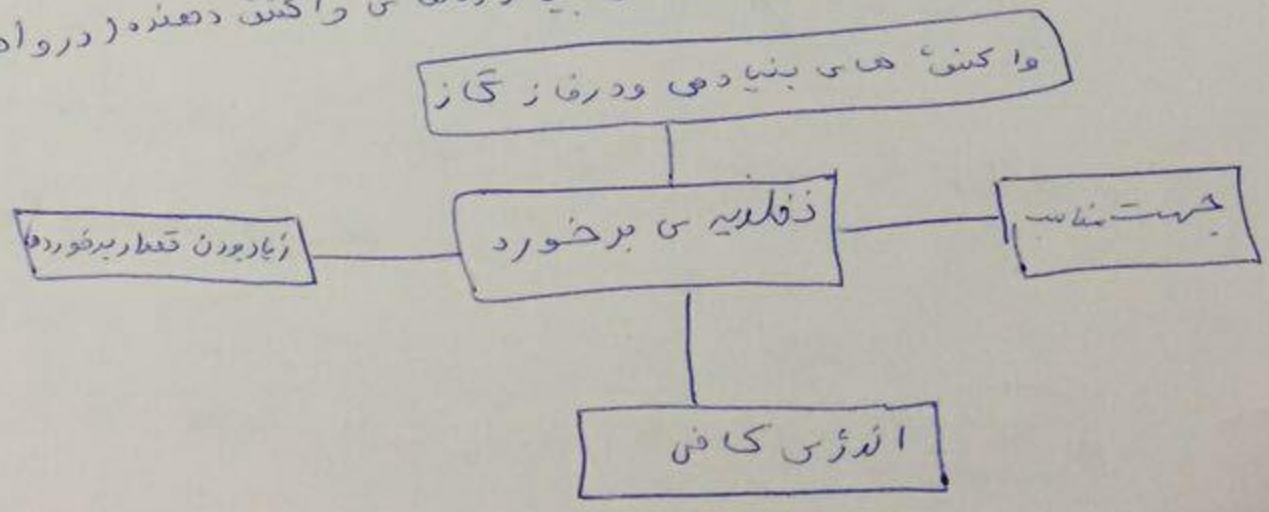
۲- مقدار برخورد: هر چه مقدار برخورد ذره ها به هم بیشتر باشد جهت گیری مناسب زود تر اتفاق می افتد و امکان تولید فراورده ها بیشتر می شود و با افزایش خلوصت می توانیم در نتیجه سرعت واکنش اضافه می شود و نظریه برخورد هم همین را می خرد که مقدار برخورد منجرب ~~نظریه~~ انجام واکنش می شوند

۳- انرژی کافی: در مثال بالا مولکول  $SO_2$  در ترکیب  $NO_2$  پدید انرژی و قدرت! این را داشته باشک بتواند مولکول  $O$  از ترکیب  $NO_2$  را بشکند و صاحب آن شود

۷- حد اقل انرژی لازم برای شروع واکنش انرژی فعال سازی  $E_a$  گفته می شود

تعریف واکنش بنیادی (صفحه ۱۴ کتاب درسی): واکنشی است که در آن فراورده ها از برخورد مستقیم و واکنش دهنده ها تولید می شود

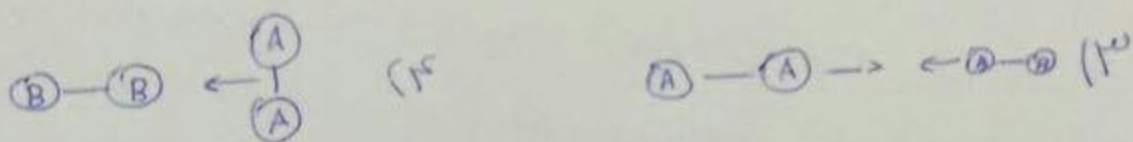
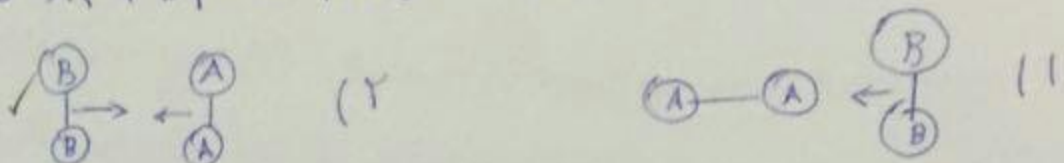
در نظریه برخورد واکنش دهنده ها به صورت گوسی فضای سفت در نظر گرفته می شود بدین این نظریه سرعت واکنش به تعداد برخوردها بین ذره ها می واکنش دهنده (دروا هر حجم و زمان) بستگی دارد خلاصه:



نکته: در کتاب درسی صفحه ۱۴۱ پایین صفحه ۳ شکل - ماده اندام با گذشتن از نقطه را افزایش داده یعنی مقدار  $\Delta H$  بر خورد معادل واحد هموزمان را افزایش داده یعنی سرعت افزایش پیدا کرده شکل  $R < R < R$  شکل انت  $R$  (سراسری ۸۷)

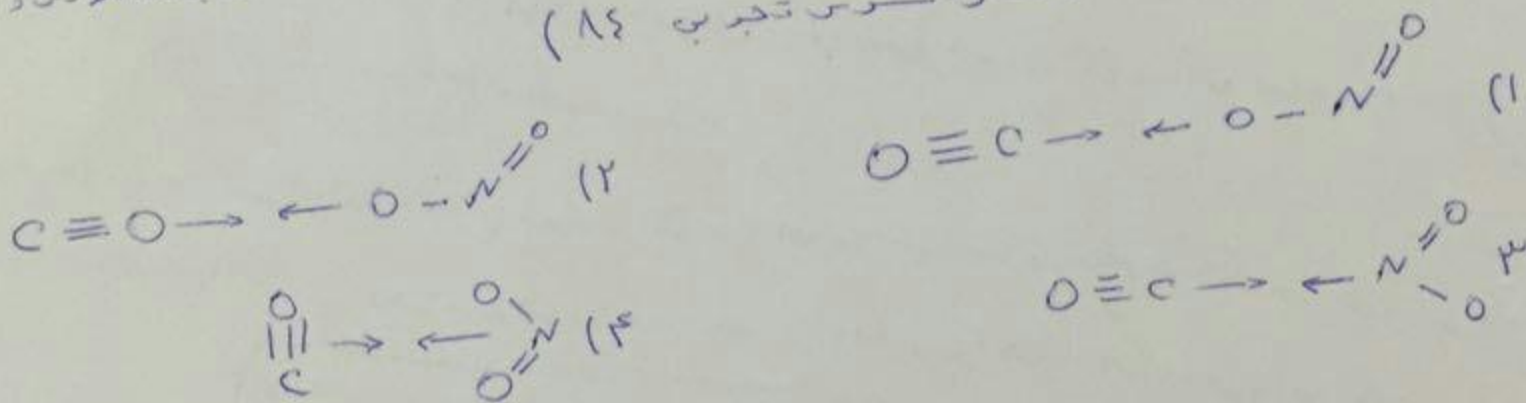
تست: مولکول های  $A_2$  و  $B_2$  در کواستاسی مشخص شده، اگر با انرژی کافی به

یکدیگر برخورد کنند واکنش  $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$  صورت می گیرد (سراسری تجربی خارج ۸۷)

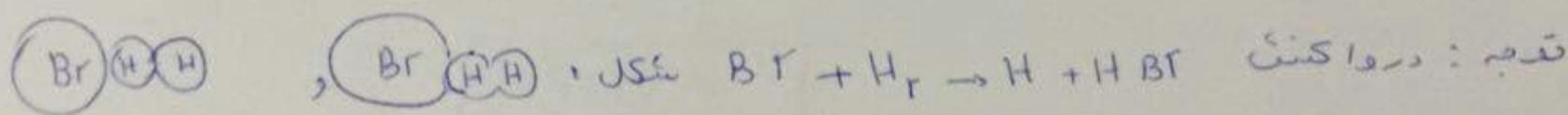


با سطح مناسب گزین ۲ می باشد. با توجه به واکنش داده شده  $A_2$  شکسته شده  $(2A)$  و  $B_2$  شکسته شده  $(2B)$  در نتیجه شده  $2AB$  یعنی  $A$  در مولکول  $A_2$  باید به  $B$  در مولکول  $B_2$  برخورد کند  $(AB+AB)$  تشکیل شود  $(2AB)$

تست: راستای مناسب برخورد مولکول های  $CO$  و  $NO_2$  (در صورتی که فن بودن اتموس و انجام واکنش) به کدام صورت است؟ (سراسری تجربی ۸۶)

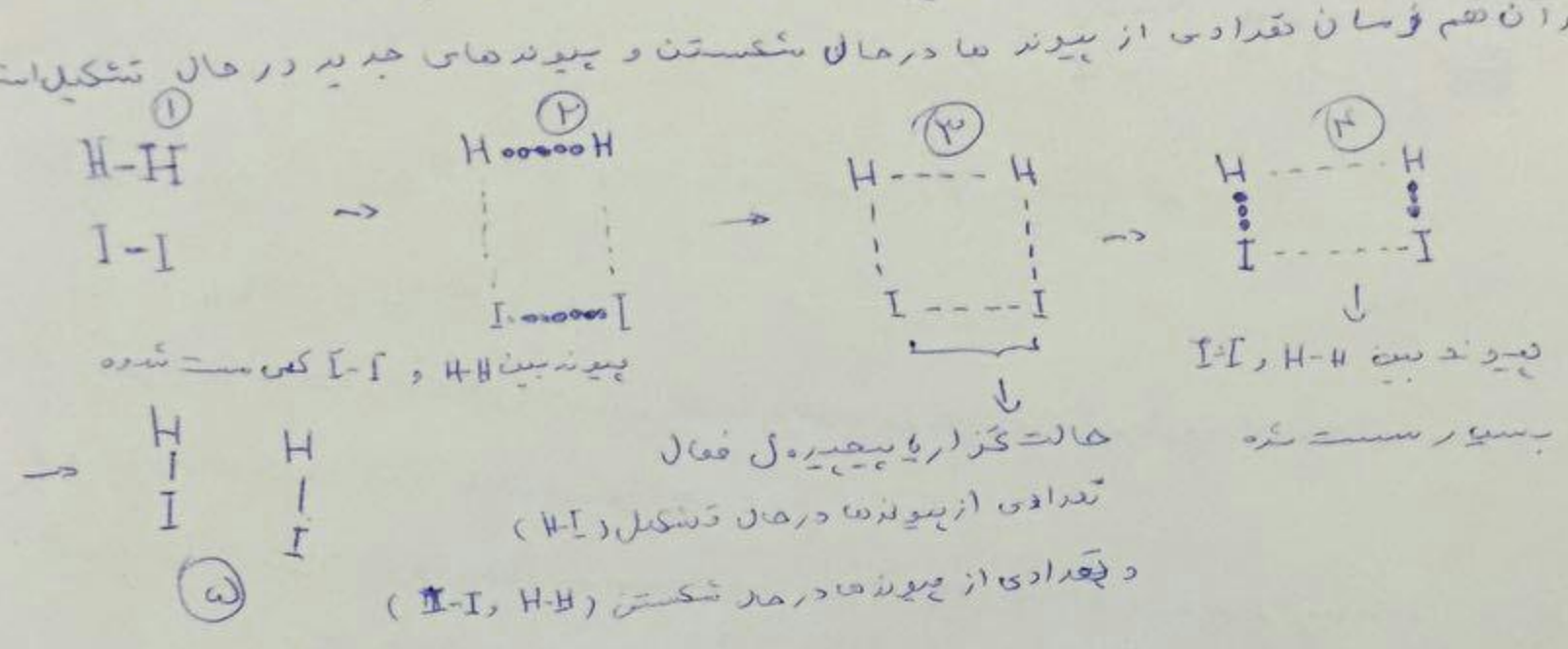


با توجه به واکنش را بنویسید  $CO + NO_2 \rightarrow CO_2 + NO$  با توجه به  $CO_2$  در  $C$  در  $CO$  برخورد کند در نتیجه گزین ۱ پاسخ صحیح است

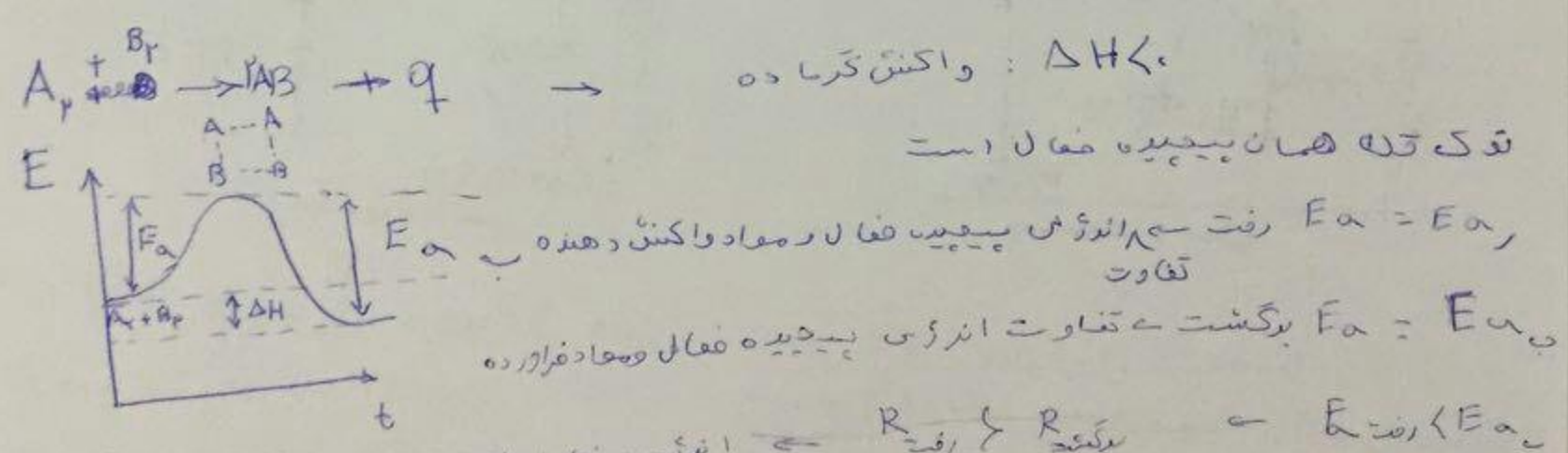


هر دو مناسب انداز نفوذ جهت گیری اما شکل اول انرژی کافی را نیز دارد چون موجب ابرالکترونی بین پیوند  $H$  و  $Br$  شده است

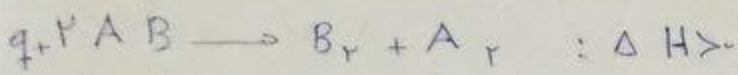
نظریه حالت گذار: نظریه‌ای است که در آن علاوه بر فاز گازی، نامرئی محلول را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد.  
 در واکنش  $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$  پیوندهای  $H_2$  و  $I_2$  در حال شکستن و پیوند  
 بین  $H$  و  $I$  در حال تشکیل شدن است. نظریه حالت گذار به صورتی جدید را معرفی  
 می‌کند به نام پیچیده فعال که پیچیده فعال یا حالت گذار به زمانی گفته می‌شود که  
 در آن هم فوایدی از پیوندها در حال شکستن و پیوندهای جدید در حال تشکیل است.



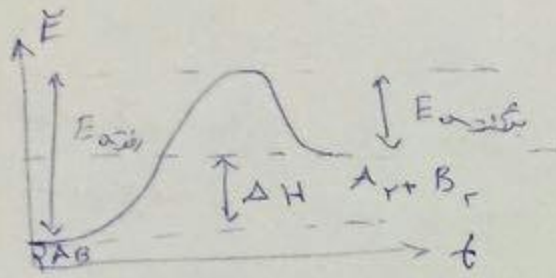
حالت گذار یا پیچیده فعال ذره‌ای بسیار ناپایدار است چون سطح انرژی بسیار نوری دارد و محدب بسیار رکوتی دارد (سریعاً به فرآورده تبدیل می‌شود)  
 ✓ نظریه حالت گذار می‌گوید که برای تشکیل پیوند  $H-I$  پیچیده فعال، انرژی لازم است که به آن انرژی فعال سازی می‌گویند  
 ✓ حالت گذار یا پیچیده فعال مهم از فرآورده‌ها و هم از واکنش دهنده‌ها ناپایدار است  
 ✓ در نظریه حالت گذار واکنش دهنده‌ها برای رسیدن به ~~فرآورده~~ پیچیده فعال به انرژی لازم دارند  
 به نمودارهای انرژی - زمان دقت کنید



✓ نکته: انرژی فعالسازی با سرعت رابطه عکس دارد ✓



رفت  $E_{برگشت} > E_{رفت}$  ← برگشت



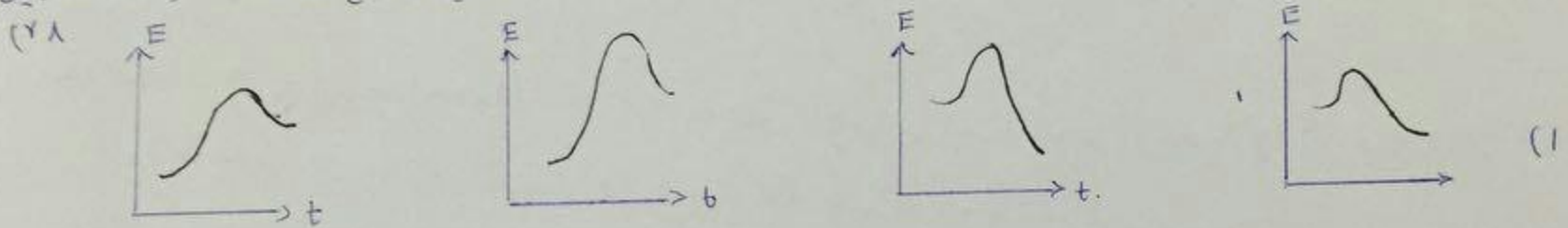
$\Delta H < E_{برگشت}$

نکته:  $\Delta H = E_{رفت} - E_{برگشت}$  ← برای واکنش‌های گرماده و گرماگیر

نکته:  $\Delta H_{برگشت} = -\Delta H_{رفت}$

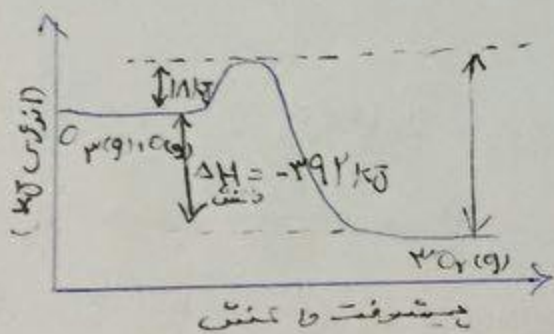
✓ نظریه حالت گذار بدین ازناسایی های نظریه ی جوفورد را بد طرف کرده و در هر دو بد بر جوفورد می نوره های واکنش دهنده استوارند

تست: کدام نمودار به واکنش مربوط است که گرماده است و سریع تر رخ می دهد؟ (سداسی ریاض)

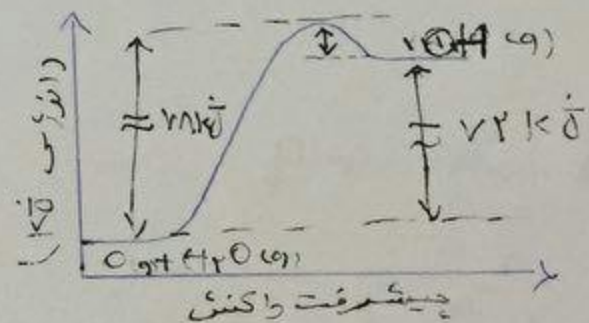


گزینه های سریع مربوط به واکنش های گرماگیر هستند پس رد می شود. گزینه های او ۲ می ماند در گزینه ۱  $E_{رفت} > E_{برگشت}$  که تراست پس سرعت اولی بیشتر است. (گزینه ۱)

تست: با توجه به نمودارهای «انرژی - پیشرفت واکنش» ذیل، کدام گزینه نادرست است؟ (سداسی ریاض ۱۳)



(۱)



(۲)

(۱) واکنش:  $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$  با آزاد شدن ۷۸ کیلوژول گرما همراه است

(۲) دو واکنش از نگاه آنتالپی با هم تفاوت دارند اما از نگاه مقداری و وضعیت مشابهی دارند

(۳) انرژی فعالسازی واکنش (آ) در جهت رفت، سه برابر انرژی فعالسازی واکنش (ب) در جهت برگشت

(۴) سرعت واکنش (آ) بیشتر است و تشکیل هر مولی از اکسیژن آزاد شدن ۱۹۴ کیلوژول گرما همراه است

گذینا به سوز صحیح است و اکسیژن ۲۱ و آزاد شدن ۷۲ کیلوژل گرما همراه است  
 بررسی سایر گذینها:

(۲) آنتالپی درواکسین با هم متفاوت است و تعداد مولهای گازی در دو طرف برابر است  $w=0$

$$E_a = 3 E_d \quad (۳)$$

رقت درواکسین (۱)  
 رقت درواکسین (۲)

(۴) سرعت واکنش (A) بیشتره چون انرژی فعالساری رقتش کمتره

و تشکیل هر مول گازی از اکسیژن (نه  $2Q_2$ ،  $Q_2$ ) آزاد شده

$$\Delta H_{O_2} = -\frac{392}{2} = -196 \text{ kJ}$$

۱۹۶ کجما همراه است

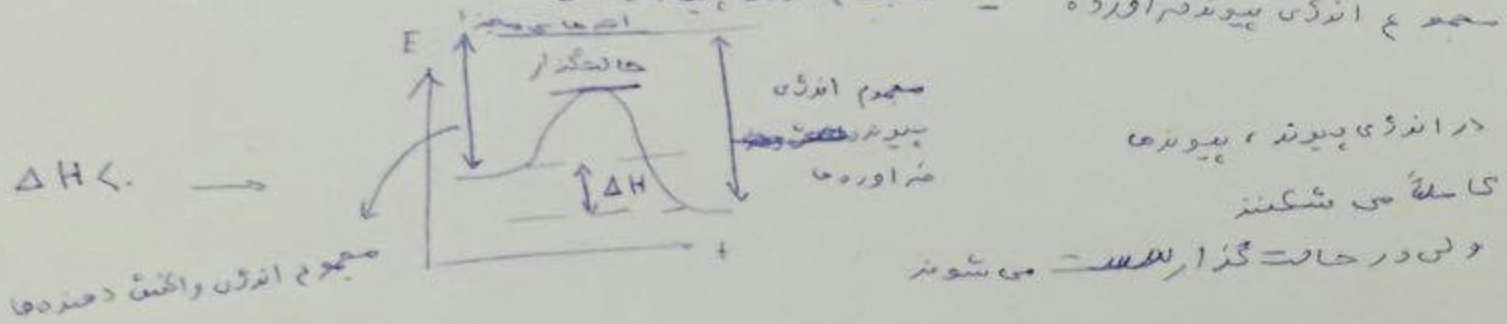
و آوری از سال سوم:

مجموع آنتالپی تشکیل واکنش دهنده - مجموع آنتالپی تشکیل فرآورده ها  $\rightarrow \Delta H$  کته

مجموع آنتالپی واکنش دهنده  $\rightarrow$  مجموع آنتالپی تشکیل فرآورده ها  $\rightarrow \Delta H > 0$  کته

$\Delta H < 0$  کته

مجموع انرژی پیوندها فرآورده - مجموع انرژی پیوندها واکنش دهنده  $\rightarrow \Delta H$  کته



و برای  $\Delta H < 0$  نیز حالت سنگین وجود دارد

@ostadahnadigilna

۰۲ ۹۵۷ ۹۵۱۹۱۲۱۹

ارتباط با استاد احمدی:

اثر کاتالیزگر روی واکنش : کاتالیزگر ساده ای است مانند  $I^-$  و  $Pt$  و  $Fe$  و  $Ag$  ...  
 سرعت

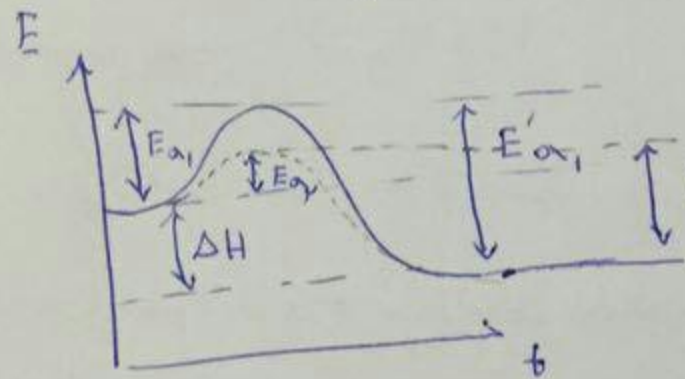
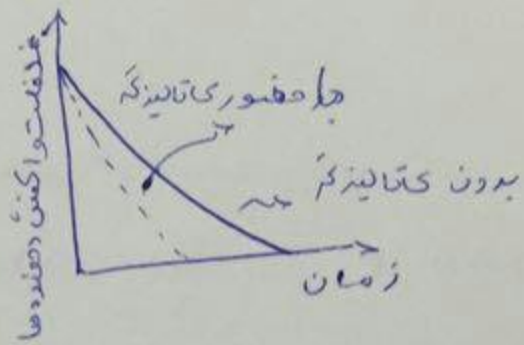
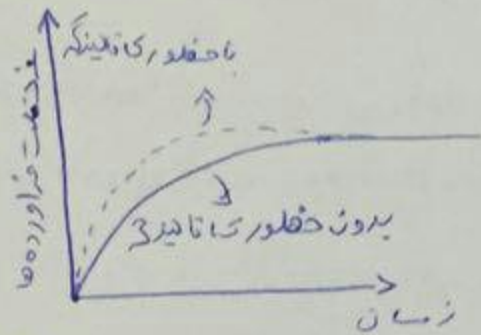
که سرعت واکنش را زود می کند اما در لحظه آخر دست نظریه یا هم می ماند (فوقش مصرف  
 نمی شود) کاتالیزگر سطح انرژی پیچیده فعال را به بین می آورد و  $E_a$  رفت کم می شود پس

سرعت واکنش زیاد می شود یعنی مقدار مول های ~~کمتر~~ واکنش دهنده را کمتر می توانسته به  
 پیچیده فعال تبدیل بشوند پس مقدار زیادی انرژی از زره های واکنش دهنده به پیچیده فعال تبدیل می شود

پس خلقت پیچیده فعال افزایش می یابد با کاتالیزگر می توانیم واکنش ها را در دماهای

پایین تر انجام داد پس سبب کاهش آلودگی هوا می شود

کاتالیزگرها لای مقدار فعال می فرآورده ها تأثیری ندارد فقط زمان واکنش را کوتاه می کند



$E_{a1}$  ← انرژی فعال سازی رفت بدون حضور کاتالیزگر

$E_{a2}$  ← انرژی فعال سازی رفت با کاتالیزگر

$E'_{a1}$  ← انرژی فعال سازی برگشت بدون کاتالیزگر

$E'_{a2}$  ← انرژی فعال سازی برگشت با کاتالیزگر

کاتالیزگر انرژی فعال سازی رفت و برگشت را به یک مقدار به یک نسبت کاهش می دهد

سه فرض کنیم انرژی فعال سازی رفت یک واکنش بدون کاتالیزگر  $100 kJ$  است و انرژی فعال سازی  
 برگشت بدون کاتالیزگر  $80 kJ$  است اگر یک کاتالیزگر به کار ببریم که انرژی فعال سازی

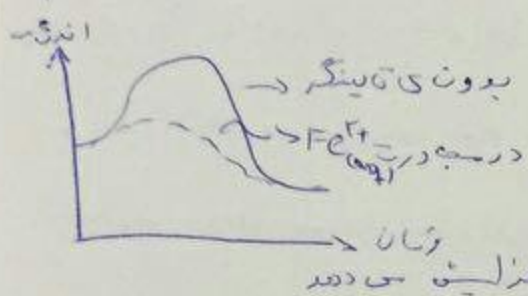
رفت و برگشت را  $30 kJ$  کاهش دهد هر دو را به یک مقدار کاهش داده است و در میزان  
 به نسبت

کاهش انرژی فعال سازی رفت  $\frac{30}{100} = \frac{3}{10}$  است و میزان کاهش انرژی فعال سازی  
 برگشت به نسبت  $\frac{30}{80} = \frac{3}{8}$  است



ست : کدام سولفید در باره سی واکنش :  $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$  ، به توجه به نمودار

انرژی - پیشرفت واکنش « آن نا درست است ؟ ( سراسری ریاضی خارج از کشور ۱۹۱ )



۱) واکنش گرماده و با افزایش آنتروپی همراه است

۲) با افزودن یون  $Fe^{2+}(aq)$  ، مقدار  $\Delta H$  واکنش ، تغییر نمی کند

۳) یون  $Fe^{2+}(aq)$  ، می‌تواند  $E_a$  ، سرعت واکنش را افزایش می دهد

۴) علامت  $\Delta E$  در این واکنش مثبت و  $\Delta E \approx \Delta H$  است

گزینه ۴ - تعداد مول ها گاز افزایش پیدا کرده پس  $\Delta V > 0$  است و  $w < 0$  است لجهت

۱۲ افزودن کاتی لیزر که ،  $\Delta H$  را تغییر نمی دهد

آلودگی هوا - صندلی  $C_2H_4$  ،  $C_2H_6$  ،  $C_2H_2$  در سی

آلودگی های گازی شکل که از دود خروجی از آگزوز ماشین ها به دست می آید برابر است با :

۱-  $SO_2$  (گوگردی اکسید) ، ۲-  $CO$  (کربن مونوکسید) ، ۳-  $NO$  (نیتروژن مونوکسید)

۴- هیدروکربن ها (  $C_nH_m$  )

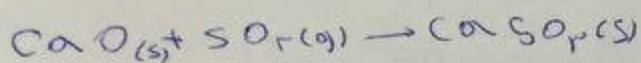
۱-  $SO_2$  - زغال سنگ ، نفت خام ، گازریل و بنزین با کیفیت پایین ، مقادیر متفاوتی

گوگرد (S) دارند و با سوزاندن این معاد در نیروگاه ها و خودروها ، گوگرد موجود می سوزد و

به گاز  $SO_2$  تبدیل می شود

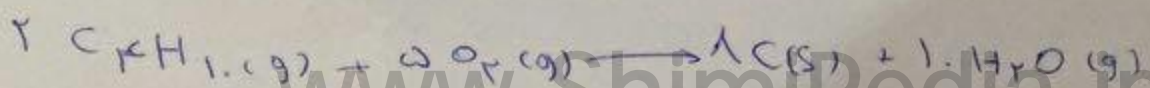
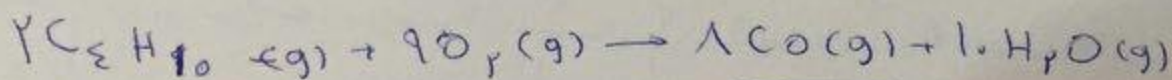
روش حذف گاز  $SO_2$  و تبدیل آن به گاز بی ضرر : راه اول این است که گازی که خروجی  $SO_2$  را از روی

کلسیم اکسید یا آهک (  $CaO$  ) عبور داد -

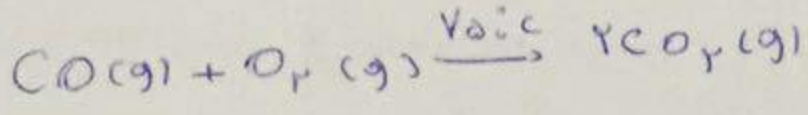


۲-  $CO$  (سی) : سوختن ناقص هیدروکربن های موجود در سوخته ها منجر به گازی سیسی

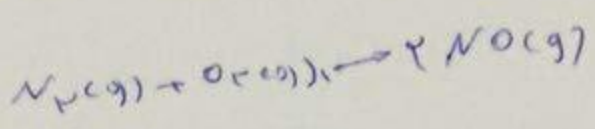
(  $CO$  ) و (  $C_2H_2$  ) ( دوده - کادگر شکل های کربن ) می شود



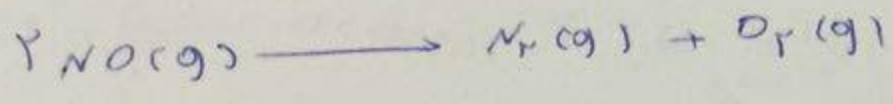
که مفادله واکنش به صورت زیر است



۳- گاز NO: این گاز درون موتور خودرو و در دمای بالا قرار دارد. از واکنش آمونیاک و  $O_2$  و  $N_2$  هوا تولید می شود.



برای حذف گاز NO، باید قبل از خروج آن از گذر خودرو به عنصرهای سازنده آن تجزیه کرد.



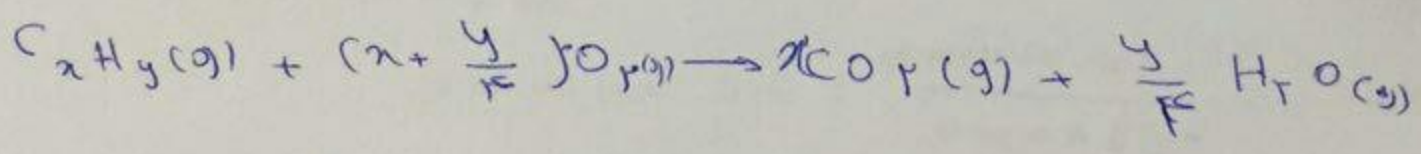
ترتیب فراوانی آلاینده ها  $\rightarrow$   $CO > C_n H_y > NO$  : نکته

گازهای NO و  $NO_2$  به دلیل داشتن الکترون تک در ساختار خود بسیار واکنش پذیرند. از این رو معنایی که وارد بدن حیوانات و انسان می شود به بافت های مختلف بدن آسیب رساند.

### ۱۴ هیدروکربن ها $C_n H_y$

$C_n H_y$  معنی هیدروکربن های نسوخته موجود (م گازهای خروجی از گذر خودرو است

برای حذف  $C_n H_y$  باید آن ها را قبل از خروج از گذر خودرو بسوزانیم



راه حل های که برای هر گاز گفته شود دماهای بالا مناسب است ولی مشکل مادمای بالاست

و زمان زیادی که طول می کشد برای مشکل دما و زمان باید از کاتالیزر هم استفاده کرد برای اکتفای کاتالیزر مورد نیاز باید رعایت شود

۱- هر سه واکنش ( $CO$  و  $C_n H_y$  و  $NO$ ) هم زمان بطور انجام شود

۲- کاتالیزر کم تر تا تاثیر سرعت همه واکنش ها را افزایش دهد

۳- هر کاتالیزر که واکنش ویژه ای را سرعت می بخشد

۴- در حلقه های کاتالیزر که واکنش های دیگری انجام می شود

۵- کاتالیزر که برای پراوری شیمیایی و گرمایی با کاتالیزر دیگر

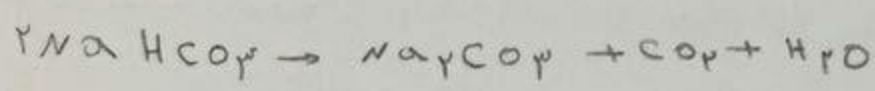
این وجود به فلز  $Pt$  (پلاتین)،  $Dd$  (دیوید) و  $Rh$  (رودس) است. بیشتر به عنوان  
 یابنده کربن در این فلزها با قلمه این فلزها را حل و اگر از آن فلزها در این آب میزنند  
 فلزها حذف کرد یا آن فلزها را در (پادما یا پادما سرعت نام)

صبر ل های کاتالستی در واقع طورهای از جنین - راسید هستند که سطح آن ها فلزها  
 مذکور می باشند (یعنی با آن فلز پوشیده شده)

### آزمون های ۹۴

سوالی ریاضی ۹۴: اگر در تجزیه گرمایی یک نمونه سدیم هیدروژن کربنات خالص  
 پس از گذشت ۱۰ دقیقه، ۱۲ گرم از آن باقی مانده و ۲ مول آب تشکیل شده باشد  
 سرعت تجزیه - سدیم هیدروژن کربنات، برابر چند مول بر دقیقه است و با همین  
 سرعت مقدار چند ثانیه دیگر واکنش کامل می شود؟ (H=1, C=12, O=16, Na=23)

$$(1) \quad 12 \text{ g}, \quad 2 \times 10^{-2} \text{ mol}, \quad \sqrt{15}, \quad 4 \times 10^{-2} \text{ g}, \quad 4 \times 10^{-2} \text{ g}, \quad 4 \times 10^{-2} \text{ g}$$



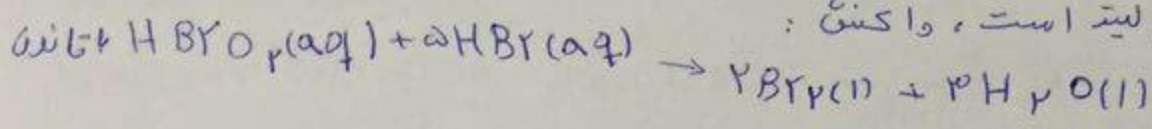
با توجه به فرمول استوکیومتری  $\rightarrow 2NaHCO_3 = 2RH_2O = 2 \times \frac{12 \text{ mol}}{1} = 4 \times 10^{-2}$

برای کامل شدن واکنش باید ۱۲ گرم که از  $NaHCO_3$  باقی مانده هم مصرف شود تعداد مول  
 های  $NaHCO_3$  را مساوی کنیم

$$12 \text{ g } NaHCO_3 \times \frac{1 \text{ mol } NaHCO_3}{84 \text{ g } NaHCO_3} = 0.143 \text{ mol } NaHCO_3$$

$$R = \frac{|\Delta n|}{\Delta t} \rightarrow 4 \times 10^{-2} = \frac{0.143}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{0.143}{4} \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} = 2145 \text{ s}$$

(سوالی ریاضی ۹۴): در یک لیتر محلول دارای  $HBrO_2$  و  $HBr$  در غلظت  
 هدیه برابر است. مول بر لیتر است، واکنش:



سرعت  $R = k [BrO_2^-] [Br^-] [H^+]^2$  از جام می شود. با حل شدن ۰.۹ مول  $HBrO_2$  افغان  
 در این محلول (بدون تقسیم حجم) در آنجا واکنش، سرعت شروع واکنش نسبت

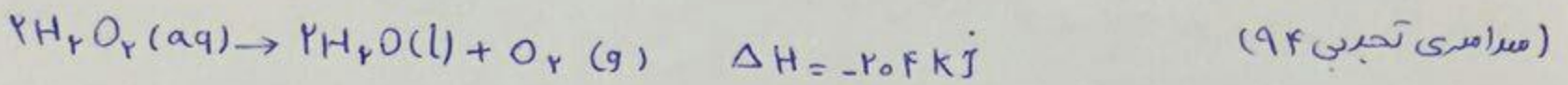
به حالت اول چند برابر می شود؟ (۱) ۲.۷۵ (۲) ۲۱۱ (۳) ۳.۲۵  
 (۴) ۳۱۲۱۵ (۵) ۲۱۱ (۶) ۳۱۲۱۵ (۷) ۲۱۱ (۸) ۳۱۲۱۵  
 ارشاد استاد است [www.ShimiPedia.ir](http://www.ShimiPedia.ir)  
 @ostad ahmodiilna (۲۶) ۰۹۱۲۱۹۶۵۷۰۲

$$[A] = [D] \rightarrow 1 - x = 2x \rightarrow 3x = 1 \rightarrow x = \frac{1}{3}$$

$$R_p = k[A]^{1-x} [x]^{2x} = k(1-x)^{1-x} (2x)^{2x} \xrightarrow{x=\frac{1}{3}} R_p = k \times \frac{4}{9}$$

$$R_1 = k[A][x] = k(1)(1) = k \rightarrow \frac{R_p}{R_1} = \frac{k}{k} = \frac{4}{9} = 44\%$$

نست: 200g محلول 17٪ جرمی هیدروژن پراکسید در ظرف A و B به صورت همزمان در شرایط مساوی ریخته شده است اگر ظرف A مقداری  $FeSO_4$  اضافه شود کدام عبارت درست است؟



۱) دمای ظرف A با سرعت بیشتری افزایش می یابد

۲) انرژی فعال سازی واکنش در ظرف های A و B یکسان است.

۳) در پایان واکنش در دو ظرف فشار یکسان مقدار W در ظرف A از ظرف B بیشتر است.

۴) در پایان مقدار گاز آزاد شده در هر دو ظرف یکسان و در شرایط STP برابر 12.4 لیتر است.

$FeSO_4$  نقش کاتالیزور را دارد و با ریخته شدن در ظرف A سرعت واکنش را افزایش می دهد و چون واکنش گرما ده است پس با سرعت بیشتری قدام آزاد می شود پس دمای ظرف A افزایش می یابد

۱) انرژی فعال سازی واکنش در ظرف A کمتر از ظرف B است

۳) واکنش فقط در زمان رسیدن به واکنش را کوتاه می کند و کار را تسهیل می نماید

۲) مقدار گاز آزاد شده را حساب می کنیم

$$200g \times \frac{17g H_2O_2}{100g} \times \frac{1 mol H_2O_2}{34g H_2O_2} = 1 mol H_2O_2$$

$$1 mol H_2O_2 \times \frac{1 mol O_2}{2 mol H_2O_2} \times \frac{22.4 L O_2}{1 mol O_2} = 11.2 L O_2$$

پس از رفتن که غلظت  $HBr$ ،  $0.1$  مول بر لیتر است پس  $0.1$  مول بر لیتر یون  $H^+$  و  $0.1$  مول یون  $Br^-$  وجود دارد و همین طور غلظت  $HBrO_3$  هم چون  $0.1$  مول بر لیتر است پس  $0.1$  مول بر لیتر  $H^+$  و  $0.1$  مول بر لیتر  $BrO_3^-$  وجود دارد

$$[H^+]_{\text{مطلوب}} = [H^+]_{HBr} + [H^+]_{HBrO_3} = 0.1 + 0.1 = 0.2$$

$$[Br^-]_{\text{مطلوب}} = 0.1, [BrO_3^-]_{\text{مطلوب}} = 0.1$$

صورت صد آن گفته که  $0.1$  مول  $HBrO_3$  به محلول اضافه می کنند و چون حجم ظرف تغییر نکرده

پس غلظت هر یک از یون های  $H^+$  و  $Br^-$  به اندازه  $0.1$  مول بر لیتر افزایش می یابد:

$$[H^+]_{\text{مطلوب}} = [H^+]_{\text{مطلوب}} + [H^+]_{\text{افزوده}} = 0.2 + 0.1 = 0.3 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[Br^-]_{\text{مطلوب}} = [Br^-]_{\text{مطلوب}} + [Br^-]_{\text{افزوده}} = 0.1 + 0.1 = 0.2 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[BrO_3^-]_{\text{مطلوب}} = [BrO_3^-]_{\text{مطلوب}}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{k [BrO_3^-] [Br^-] [H^+]^2}{k [BrO_3^-] [Br^-] [H^+]^2} = \frac{(0.1)(0.1)^2}{(0.1)(0.2)^2} = 1.0 \times (0.5)^2 = 0.25$$

که گردیده ۳

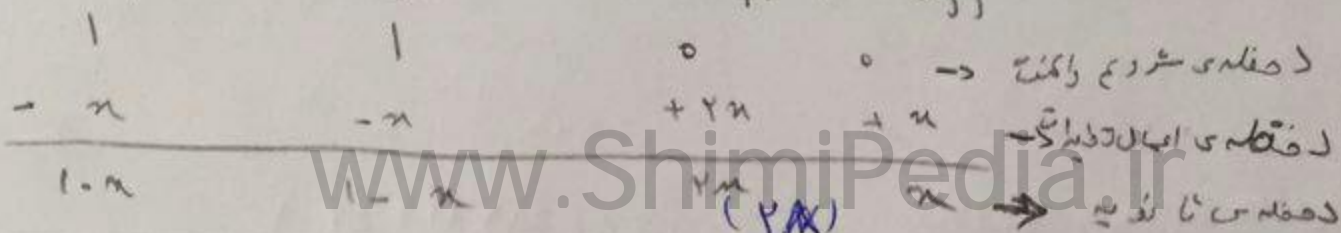
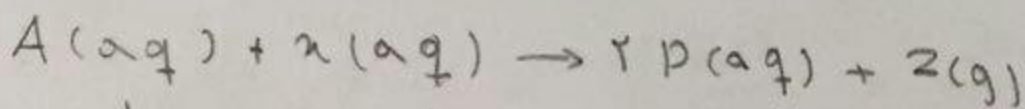
نت: واکنش  $A(aq) + x(aq) \rightarrow 2D(aq) + 2(g)$ ، از رابطه می توانیم سرعت  $R = k[A][x]$

پیدا می کند پس از آنجا که واکنش با غلظت امول هر یک از واکنش دهنده ها، سرعت

اولی می ایند واکنش کند برابر سرعت آن در نقطه ای است که غلظت  $A$  با غلظت

$D$  برابر شده باشد (سراسری تجربی ۱۹۲)

$$1.25 - 1 \quad \sqrt{2.25} - 2 \quad 3.25 - 3 \quad 4.25 - 4$$



تبدیل مقدار به داده های جدول زیر، سرعت واکنش:  $A(g) \xrightarrow{\text{گرمای}} X(g) + 2Z(g)$  از داده های جدول زیر  
 پیروی می کند؟ (سرآزمی خارج از کشور ۹۶ ریاض) ⑤ ①

A غلظت (mol/L)	۱	۲	۳	۴
سرعت اولیه واکنش	۰.۲	۰.۸	۱.۸	۳.۲

- ۱)  $k[A]^2$
- ۲)  $k[A]$
- ۳)  $k[A]^3$
- ۴)  $k[A]$

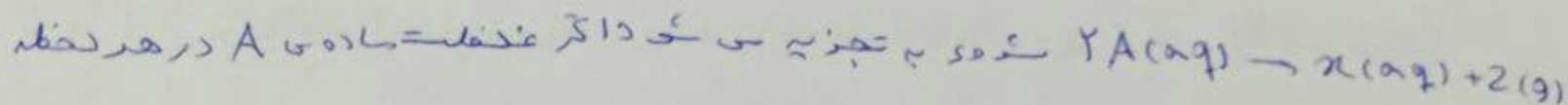
①  $R_1 = k[A]_1^m \rightarrow 0.2 = k[0.1]^m$

②  $R_2 = k[A]_2^m \rightarrow 0.8 = k[0.2]^m$

$R_2 = R_1 \Rightarrow 4 = 2^m \rightarrow m = 2$  رد گزینه های ۱ و ۴

③  $0.2 = k[0.1]^2 \rightarrow 2 \times 10^{-2} = k \times 10^{-2} \rightarrow k = 2$  گزینه ۳

نکته: در یک فرآیند شیمیایی، مول از ماده A در یک لیتر محلول، مطابق واکنش:



$[A]_t$ ، از رابطه  $[A]_t = -kt + [A]_0$  پیروی کند که در آن  $k$  ثابت سرعت

و برابر  $0.5 \text{ mol/L.s}$ ،  $[A]_0$  غلظت اولیه می باشد. چقدر دقیقگی همان

ن زمان است تا واکنش کی منتهی شود؟ (سرآزمی تجربی خارج از کشور ۹۶)

- ۱. ۱۱
- ۲. ۱۲
- ۳. ۱۳
- ۴. ۱۴

واکنش کی منتهی شود یعنی مقدار  $[A]$  صفر شود و با توجه به رابطه داده

شده می توان نوشت:

$[A]_0 = \frac{3 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 3 \text{ mol/L}$

$[A]_t = 0 \rightarrow 0 = -0.5t + 3 \rightarrow t = \frac{3}{1 \times 0.5} \text{ s}$

$t = 3000 \text{ s} \times \frac{\text{min}}{60} = 50 \text{ min}$

ارتباط با استاد احمدی:

@ostadahmadijilha

۰۹۱۲۱۹۶۵۷۰۲

سنت : کدام موارد از مطالب زیر، درست اند؟

آ) افزایش سریع سولفات به هیدروژن پراکسید، سبب کاهش انرژی فعالسازی واکنش کاتالیز آبی آن می شود.

ب) افزایش دما نیز همانند افزایش کاتالیزگر، سرعت واکنش ما را افزایش می دهد اما از نظر اقتصادی به صرفه نیست

پ) کاتالیزگر به کار رفته در تهیه اسیل اتانوات از اکسید کرومیک اسید ضربه می زند، در آب محلول می شود

ت) در واکنش های چند مرحله ای، فرآورده ها از برخورد مستقیم واکنش دهنده ها به دست می آید (سراسری تجربی فایده ۱۱)

۱۱ آ ب ج ۱۲ ب ج ۱۳ ب ب ت ۱۴ آ ب ج

گزینده ۲ درست است

۲)  $KI$ ، کاتالیزگر تجزیه سی هیدروژن پراکسید است ← شکل ۲۴ (شکل ۱۴)

۵) در واکنش های برفیادی (بهره ای) از برخورد مستقیم واکنش دهنده ها فرآورده ها به دست می آید

پایه خورد مربوط به سال چهارم فصل ۱۳ است

نکته آخر: در فرایندها به  $Fe$  کاتالیزگر است (  $2H_2 \xrightarrow{Fe} 2H_2$  )

و در تهیه  $SO_3$ ، پلاتین و وانادیم پنتاکسید کاتالیزگر است (  $2SO_2 + O_2 \xrightarrow{Pt, V_2O_5} 2SO_3$  )

@ostad\_ahmadi\_gilna

ارتباط مستقیم استاد احمدی!

۰۹۱۲۱۹۶۵۷۰۲