

### کاری از: رامین رزمجو

تا به حال سرعت واکنش های شیمیایی را به صورت تجربی بررسی کردیم و بیش تر به جنبه های ماکروسکوپی آن ها پرداختیم ولی برای یافتن پاسخ بسیاری از پرسش های مطرح شده در ذهن شما باید واکنش ها را در سطح مولکولی هم بررسی کرد .

یکی از هدف های سینتیک شیمیایی آشنایی با چگونگی انجام یک واکنش در سطح ذره ای است . برای این منظور باید به آن چه طی واکنش بر ذره های سازنده ی واکنش دهنده ها یا فراورده ها می آید و چگونگی تبدیل واکنش دهنده ها به فراورده ها توجه کرد . بررسی جزء به جزء مراحل انجام واکنش یا بررسی فرایند انجام شده در مقیاس میکروسکوپی **ساز و کار واکنش** نامیده می شود .

#### منظور از جنبه های ماکروسکوپی واکنش ها چیست ؟

منظور از جنبه های ماکروسکوپی واکنش ها ، جنبه هایی از واکنش هاست که قابل رویت یا تشخیص هستند مثل رنگ ، دما ، فشار ، جرم ، حجم ، غلظت مواد و ..... که آنها را می توان با چشم دید یا به وسیله ی ابزار مربوط به آن سنجید . مثلاً دما را با دماسنج و فشار با فشارسنج و .....

#### منظور از بررسی فرایند انجام واکنش در مقیاس میکروسکوپی چیست ؟

منظور از بررسی فرایند انجام واکنش در مقیاس میکروسکوپی ، بررسی فرایند واکنش در سطح مولکولی یا ذره ای است . ممکن است شما هم مثل خیلی از دانش آموزان دیگر فکر کنید که منظور از مقیاس میکروسکوپی ، آن چیزی است که در زیر میکروسکوپ دیده می شود اما باید بدانید که مولکول ها حتی با قوی ترین میکروسکوپ ها هم قابل رویت نیستند و واژه ی میکروسکوپی صرفاً یک اصطلاح برای اشاره به سطح مولکولی یا ذره ای و مقیاس های بسیار کوچک و غیر قابل رویت است .

شاید شما هم در فکر فرو رفته اید که اگر دانشمندان نمی توانند مولکول ها را ببینند پس چگونه می خواهند واکنش ها را در سطح مولکولی بررسی کنند . برای این کار دانشمندان از نظریه هایی استفاده می کنند که صرفاً برگرفته از حدس ها و گمان هایشان است و صد البته هرگز نمی توان اطمینان داشت که ساز و کار پیشنهاد شده توسط آنان بیان گر واقعیت باشد .

#### دو نظریه ی سینتیکی مهم که برای بررسی ساز و کار واکنش در سطح مولکولی استفاده می شود :

۱- نظریه ی برخورد ۲- نظریه ی حالت گذار

گر چه اساس هر دو نظریه ، برخورد بین ذره های واکنش دهنده است ولی میان آن ها تفاوت هایی بنیادی وجود دارد .

#### نظریه ی برخورد :

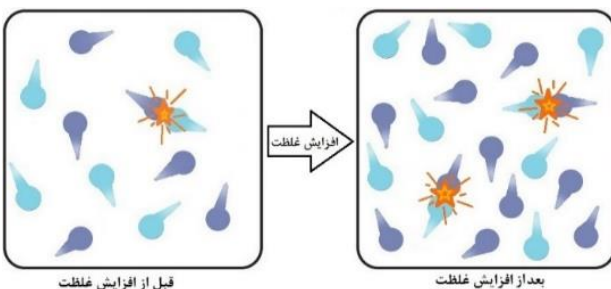
مطابق با این نظریه یک واکنش شیمیایی هنگامی روی می دهد که بین ذره های واکنش دهنده **برخوردی مؤثر** صورت گیرد . برخورد هنگامی مؤثر است و به تولید فراورده می انجامد که طی آن ذره های برخورد کننده **جهت گیری مناسب** و **انرژی کافی** داشته باشند . البته **افزایش تعداد برخوردها** میان ذره ها نیز احتمال وقوع برخوردهای مؤثر را افزایش می دهد .

#### پس طبق این نظریه برای انجام واکنش سه عامل زیر مهم هستند و نقش اساسی دارند :

۱- تعداد برخوردها در واحد حجم و واحد زمان ۲- جهت گیری مناسب ذرات هنگام برخورد ۳- انرژی کافی ذرات هنگام برخورد

**برخورد مؤثر:** برخوردی است که در آن ذرات هنگام برخورد به هم **جهت گیری مناسب** و **انرژی کافی** داشته باشند .

#### ۱- تعداد برخوردها در واحد حجم و واحد زمان :



بر طبق نظریه ی برخورد ، سرعت واکنش به تعداد برخوردهای بین ذره های واکنش دهنده (در واحد حجم و زمان) بستگی دارد . بدین ترتیب که با افزایش غلظت ذره های واکنش دهنده ، تعداد برخوردها (در واحد حجم و زمان) زیاد شده و در نتیجه سرعت واکنش نیز افزایش می یابد . (اثر افزایش غلظت را بر تعداد برخوردها (در واحد حجم و زمان) در شکل مقابل قابل مشاهده

است. با کمی دقت در شکل مقابل مشفص است که افزایش غلظت باعث افزایش احتمال برخورد بین واکنش دهنده ها شده و در نتیجه سرعت واکنش نیز افزایش می یابد

و در کل داریم: افزایش غلظت واکنش دهنده ها ← افزایش تعداد برخوردها ← افزایش تعداد برخوردهای مؤثر ← افزایش سرعت واکنش

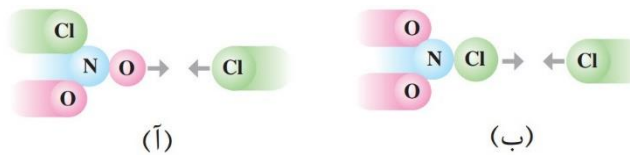
## ۲- جهت گیری مناسب ذرات هنگام برخورد:

برای این که برخورد بین ذره های واکنش دهنده به واکنش و تولید فراورده بینجامد، باید این ذره ها در جهت مناسبی به یک دیگر نزدیک شده، برخورد کنند. و هر برخوردی بین مواد واکنش دهنده منجر به تولید فراورده نخواهد شد.

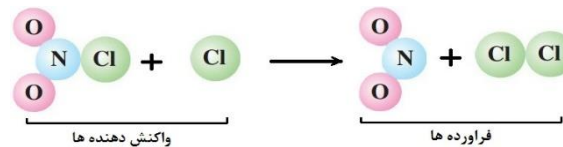
برای یادگیری بهتر به مثال های زیر توجه کنید.



برای انجام این واکنش دو برخورد در شکل زیر پیشنهاد شده است. به نظر شما کدام برخورد منجر به تولید فراورده خواهد شد؟

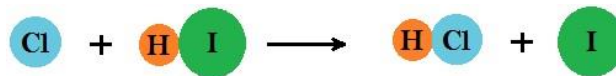
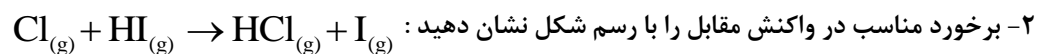


توضیح: برای راحتی توضیح، واکنش را به صورت مدل کلوله ای در زیر می آورم.

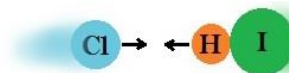


**نکته اساسی:** ببینید برای تشخیص اینکه کدام جهت گیری در هنگام برخورد منجر به تولید فراورده می شود باید ببینیم که کدام اتم ها در بین فراورده ها با هم پیوند دارند و در عین حال همین اتم ها در بین واکنش دهنده ها با هم پیوند ندارند. این اتم ها همان اتم هایی هستند که باید با هم برخورد داشته باشند.

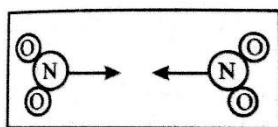
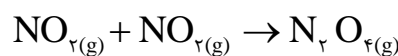
دو اتم Cl در مثال بالا در بخش فراورده با هم پیوند دارند اما در بخش واکنش دهنده ها با هم پیوند ندارند. پس این دو اتم (دو اتم Cl) باید با هم برخورد داشته باشند. پس نتیجه می گیریم که برخورد (ب) دارای جهت گیری مناسب است.



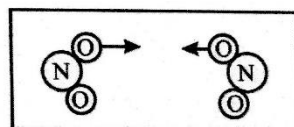
دو اتم H و Cl در بخش فراورده ها با هم پیوند دارند ولی در بخش واکنش دهنده ها با هم پیوند ندارند. پس دو اتم H و Cl باید با هم برخورد داشته باشند. ("یعنی این طوری")



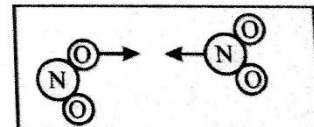
۳- کدام یک از برخوردهای زیر به تولید فراورده منجر می شود؟ توضیح دهید.



(۱)

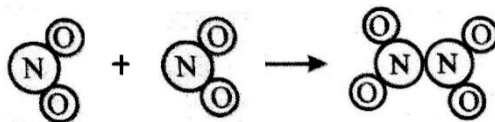


(۲)



(۳)

تا یادم نرفته بهتون بگم برای اینکه بهتر بتونین جهت گیری مناسب مواد واکنش دهنده رو تشخیص بدین ، بهتر است بر نمونه ی رسم ساختار لوویس مولکول ها به مروری بکنین .



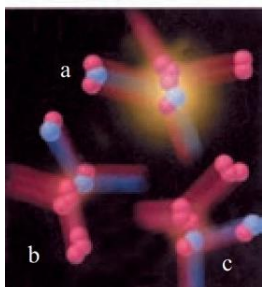
دو اتم N در بخش فرآورده ها با هم پیوند دارند ولی در بخش واکنش دهنده ها باهم پیوند ندارند . پس نتیجه می گیریم که دو مولکول NO<sub>2</sub> از سر N خود با هم برخورد داشته اند . یعنی حالت (۱) .

### ۳- انرژی کافی ذرات هنگام برخورد:

در بالا جهت گیری مناسب واکنش دهنده ها را به هنگام برخورد مورد مطالعه قرار دادیم . ولی صرف اینکه واکنش دهنده ها به هنگام برخورد دارای جهت گیری مناسب باشند برای شکستن پیوند های اولیه و تشکیل مواد فرآورده کافی نیست ، بلکه برای این امر داشتن انرژی کافی نیز ضروری است .

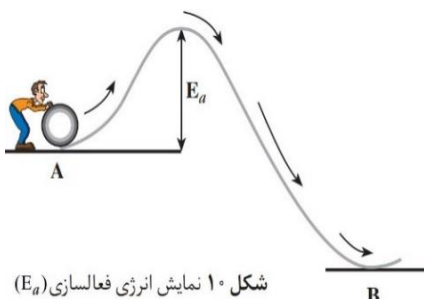


در یک واکنش میان واکنش دهنده ها برخورد های بسیاری انجام می شود که از این بین فقط تعداد معدودی منجر به تولید فرآورده می شوند . این تعداد اندک از برخورد ها همان برخورد هایی هستند که دارای جهت گیری مناسب و در عین حال دارای انرژی کافی هستند .



**مهم :** به یاد داشته باشید که در کتاب درسی شکل مقابل برای نشان دادن اهمیت داشتن انرژی کافی توسط واکنش دهنده ها به هنگام برخورد آورده است . در شکل مقابل سه برخورد دارای جهت گیری مناسب (a ، b ، c) نشان داده شده که در این بین فقط برخورد (a) منجر به تولید فرآورده می شود . چرا که فقط در این برخورد ذرات واکنش دهنده دارای انرژی کافی هستند .

**از دید نظریه ی برخورد :** حداقل انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی ، **انرژی فعالساز** نامیده می شود . پس ذره های واکنش دهنده باید دست کم به اندازه ی انرژی فعالساز ، انرژی داشته باشند ، تا برخورد بین آن ها ، منجر به انجام واکنش شود .



شکل ۱۰ نمایش انرژی فعالساز (E<sub>a</sub>)

**مهم :** به یاد داشته باشید که در کتاب درسی شکل مقابل برای نشان دادن مفهوم انرژی فعالساز استفاده شده است . به این ترتیب که ششمی می فواهر قطعه سنگی را از نقطه ی A به نقطه ی B منتقل کند ولی بین این دو نقطه یک قله وجود دارد . برای منتقل کردن قطعه سنگ از نقطه ی A به نقطه ی B سنگ باید از این قله بگذرد . برای این منظور دست کم باید انرژی لازم برای رساندن سنگ به بالای قله فراهم باشد . زیرا از آن به بعد قطعه سنگ بر اثر نیروی گرانش روی سطح شیب دار به پایین سرازیر می شود .

در یک واکنش شیمیایی نیز مانند مثال بالا برای تبدیل مواد واکنش دهنده به فرآورده ( انتقال از نقطه ی A به B ) مقداری انرژی لازم است . اما برای تبدیل واکنش دهنده به فرآورده نیاز نیست که تمام این انرژی به واکنش دهنده ها بدهیم و فقط دادن مقداری معلوم از این انرژی (انرژی فعالساز) باعث می شود واکنش تا به آخر انجام شود .

**نظریه ی برخورد ، مدلی ساده برای توجیه واکنش های شیمیایی است . این نظریه دارای نارسایی هایی است که برخی از آن ها عبارتند از :**

۱- نظریه ی برخورد برای واکنش های ساده در فاز گازی به کار می رود ، از این نظریه نمی توان برای توجیه واکنش هایی استفاده کرد که در حالت محلول انجام می شوند . زیرا در حالت محلول فاصله ی بین ذره های واکنش دهنده کم است و نمی توان مانند فاز گازی ذره ها را جدا از یک دیگر و مستقل در نظر گرفت .

۲- در نظریه ی برخورد ، ذره های واکنش دهنده به صورت گوی های سخت در نظر گرفته می شوند که برخوردی کشسان دارند ، در صورتی که می دانیم ذره های واکنش دهنده ضمن مبادله ی انرژی بر یک دیگر نیز اثر می گذارند .

۳- در نظریه ی برخورد ، فقط **حرکت های انتقالی** ذره های واکنش دهنده در نظر گرفته می شود . در صورتی که **حرکت های چرخشی** و **ارتعاشی** ذره های واکنش دهنده نیز در نحوه ی انجام واکنش نقش دارند .

۴- با استفاده از نظریه ی برخورد فقط می توان گفت که **انرژی فعالساز** وجود دارد ولی نمی توان مقدار آن را محاسبه کرد .

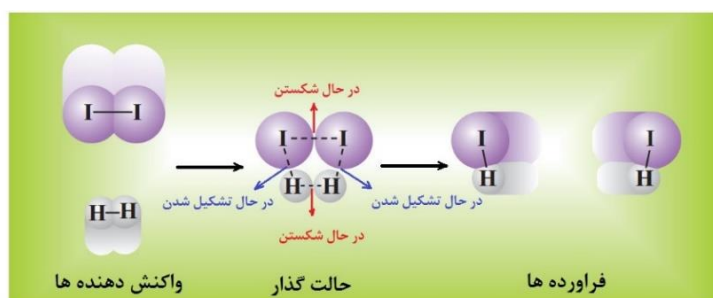
### نظریه ی حالت گذار :

طبق این نظریه ، ضمن انجام یک واکنش شیمیایی ، واکنش دهنده ها ابتدا به ماده ای به نام **پیچیده ی فعال (یا حالت گذار)** تبدیل می شوند و سپس پیچیده ی فعال تبدیل به فراورده می گردد . ( این در حالی است که در نظریه ی برخورد فیزی از پیچیده ی فعال نبود )



**پیچیده ی فعال (یا حالت گذار) :** ماده ای است حد واسط واکنش دهنده ها و فراورده ها ، که در آن ، به طور هم زمان ، پیوند های اولیه در حال شکستن و پیوند های جدید در حال تشکیل شدن هستند .

به عنوان مثال طرز انجام واکنش مقابل را از دید نظریه ی حالت گذار بررسی می کنیم :  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$



شکل ۱۱ تشکیل پیچیده ی فعال در واکنش  $H_{2(g)}$  با  $I_{2(g)}$  . خط چین ها پیوندهای شیمیایی در حال گسستن یا در حال تشکیل را نشان می دهد.

همانطور که ملاحظه می شود واکنش دهنده های  $H-H$  و  $I-I$  به هم نزدیک می شوند و با هم برخورد می کنند و در یک لحظه کنار هم قرار می گیرند و ترکیبی به نام پیچیده ی فعال (یا حالت گذار) را به وجود می آورند که سریعاً به فراورده های  $H-I$  و  $H-I$  تبدیل می شود . همان طور که در شکل می بینید در پیچیده ی فعال پیوند های اولیه در شکستن و پیوند های تازه ای در حال تشکیل هستند.

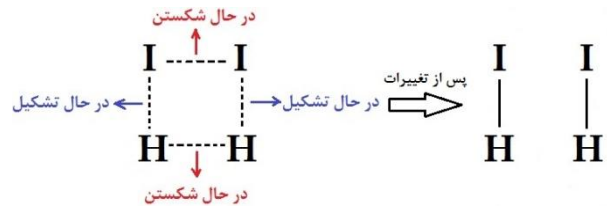
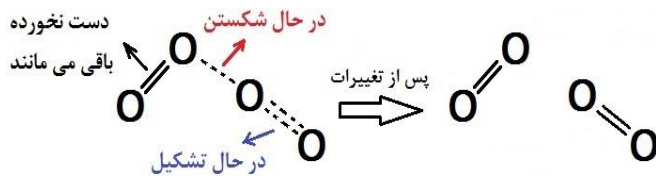
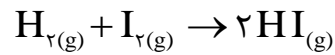
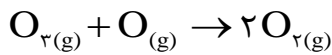
### مهم ترین ویژگی های پیچیده ی فعال (یا حالت گذار) :

- ۱ - پیچیده ی فعال ساختاری پیچیده دارد . (اینکه از اسمش مشخصه پیچیده ی فعال !!!)
- ۲ - پیچیده ی فعال نسبت به واکنش دهنده ها و نیز نسبت به فراورده ها سطح انرژی ، بالاتری دارد (هم در واکنش های گرماده و هم در گرماگیر) .
- ۳ - پیچیده ی فعال از واکنش دهنده ها و نیز فراورده ها ناپایدارتر است (هم در واکنش های گرماده و هم در گرماگیر) .
- ۴ - در آن هم زمان پیوند های اولیه در حال شکستن و پیوند های جدید در حال تشکیل هستند ، این پیوند ها را با خط چین نشان می دهند . (توجه داشته باشید که لزومی ندارد همه ی پیوند های حالت گذار سست باشند ، بلکه فقط پیوند های در حال شکستن و در حال تشکیل سست می باشند)

### ◀ قواعد لازم برای رسم ساختار پیچیده ی فعال :

- آ) در ساختار پیچیده ی فعال ، پیوند هایی که در حال شکستن هستند تا حد زیادی سست شده اند . این پیوند ها با نقطه چین (.....) نمایش داده می شوند .
- ب) در ساختار پیچیده ی فعال ، پیوند هایی که باید تشکیل شوند ، شروع به تشکیل شدن کرده اند . این پیوند ها نیز با نقطه چین (.....) نمایش داده می شوند .
- پ) در ساختار پیچیده فعال ، پیوند هایی از مولکول های واکنش دهنده که قرار نیست از بین بروند ، با خط (—) نمایش داده می شوند .

به عنوان مثال در واکنش های زیر ساختار پیچیده ی فعال تشکیل شده به هنگام برخورد مواد واکنش دهنده رسم شده است :

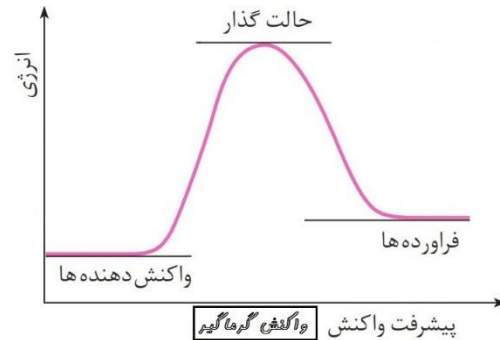
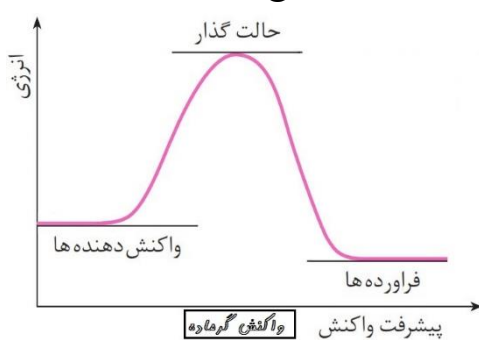


۵- از آن جایی که پیچیده ی فعال ، گونه ای ناپایدار است و عمر بسیار کوتاهی دارد ، نمی توان آن را حین واکنش ، جداسازی و شناسایی کرد .

۶- پیچیده ی فعال فقط طی برخورد های مؤثر به وجود می آید .

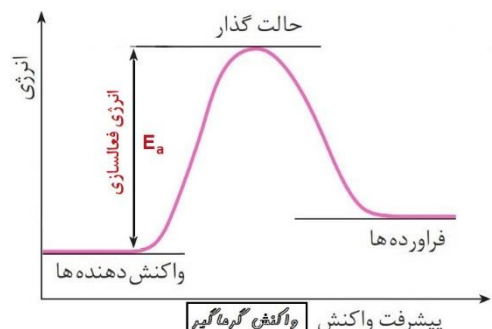
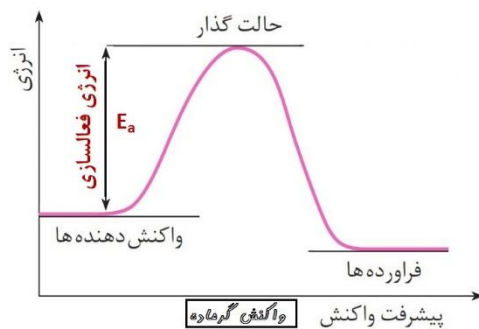
۷- تشکیل پیچیده ی فعال در واکنش های برگشت پذیر (دو طرفه) ، هم از واکنش دهنده ها و هم از فراورده ها امکان پذیر است و فرایندی گرماگیر می باشد .

۸- تبدیل پیچیده ی فعال ، به واکنش دهنده ها یا فراورده ها فرایندی گرماده است (چون سطح انرژی پیچیده فعال از هر دو بالا تر است)



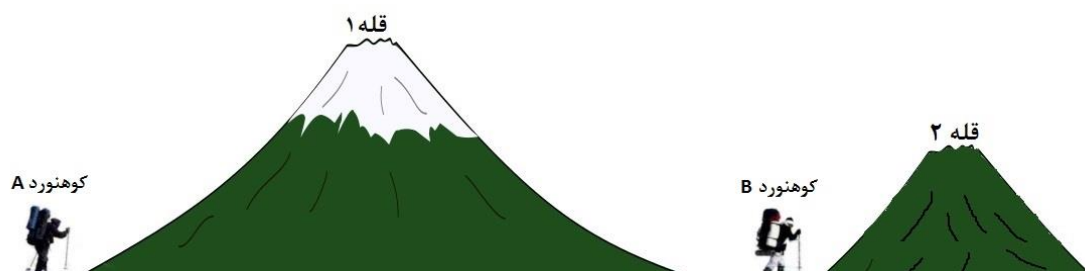
از دید نظریه ی حالت گذار : مقدار انرژی لازم برای تشکیل یک مول حالت گذار از واکنش دهنده ها را **انرژی فعالسازی** می گویند (انرژی فعالسازی در واقع ، اختلاف انرژی بین واکنش دهنده ها و حالت گذار است) .

باید بدانید که انرژی فعالسازی را با نماد  $E_a$  هم نشان می دهند .



چند نکته ی بسیار مهم در مورد انرژی فعالسازی  $E_a$  :

۱- انرژی فعالسازی  $E_a$  یک واکنش با سرعت واکنش رابطه ی وارونه دارد . یعنی هرچه انرژی فعالسازی یک واکنش کم تر باشد سرعت واکنش بیش تر خواهد بود .



در شکل بالا دو کوهنورد را می بینید که هر کدام قله ای را پیش رو دارند و می خواهند آن را فتح کنند به نظر شما کدام یک سریع تر قله ی پیش روی خود را خواهد پیمود؟

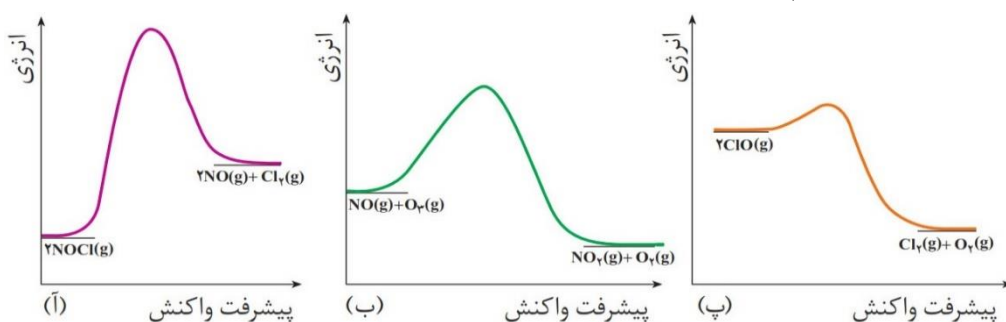
با توجه به اینکه کوهنورد B قله ی کوتاه تر و به طبع آن مسیر ساده تری برای پیمودن دارد خواهد توانست که سریع تر و راحت تر قله ی پیش روی خود را فتح کند .

مواد واکنش دهنده هم در یک واکنش با چنین حالتی رو به رو هستند و هر چه انرژی فعالسازى (ارتفاع کوهی) که با آن رو به رو هستند کم تر باشد سریع تر و راحت تر می توانند به حالت گذار (قله) برسند و واکنش با سرعت بیشتری انجام خواهد شد .

**نکته ی مهم:** به یاد داشته باشید ، با اینکه گفتیم هر چه انرژی فعالسازى یک واکنش کم تر باشد ، سرعت آن بیش تر خواهد بود ولی هیچ رابطه ی عددی خاص بین انرژی فعالسازى و سرعت واکنش وجود ندارد مثلاً نمی توان گفت با نصف شدن انرژی فعالسازى ، سرعت واکنش دو برابر می شود.

آ) به نظر شما سرعت کدام واکنش بیش تر از بقیه است چرا؟

ب) انرژی فعالسازى واکنش (پ) یک چهارم انرژی فعالسازى واکنش (ب) آیا می توان گفت سرعت واکنش (پ) چهار برابر سرعت واکنش (ب) است؟ چرا؟



آ) واکنش (پ) - چون انرژی فعالسازى واکنش (پ) از انرژی فعالسازى سایر واکنش ها کم تر است .

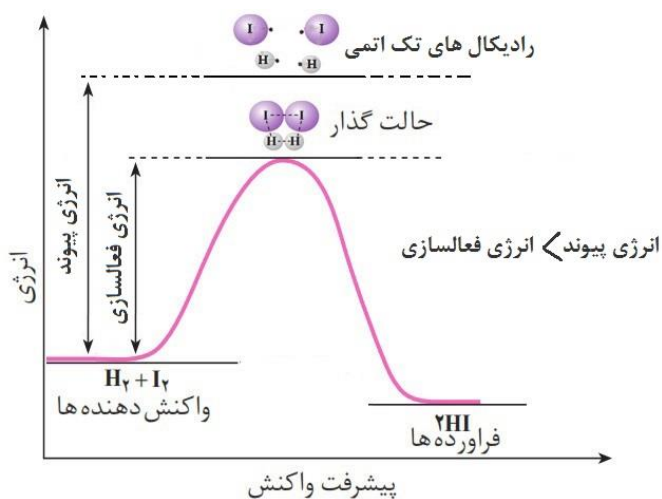
ب) غیر نمی توان گفت - چون بین سرعت واکنش و انرژی فعالسازى با وجود رابطه ی وارونه ، هیچ رابطه ی عددی خاصی وجود ندارد .

۲- هر چه انرژی فعالسازى یک واکنش کم تر باشد حالت گذار (پیچیده ی فعال) آن واکنش انرژی کم تری دارد و پایدار تر است .

۳- در یک واکنش همواره **انرژی فعالسازى از انرژی پیوند** مواد واکنش دهنده کم تر است .

برای اینکه جمله بالا برایتان جا بیافتد باید ابتدا به تعریف انرژی فعالسازى و نیز انرژی پیوند که در زیر آمده توجه کنید :

**انرژی فعالسازى:** مقدار انرژی است که به یک مول واکنش دهنده می دهیم تا به پیچیده ی فعال (حالت گذار) تبدیل شود (به عبارتی انرژی فعالسازى تفاوت انرژی واکنش دهنده و حالت گذار است) .



**انرژی پیوند:** مقدار انرژی است که به یک مول واکنش دهنده می دهیم تا به رادیکال های تک اتمی تبدیل شود (به عبارتی انرژی پیوند تفاوت انرژی واکنش دهنده ها و رادیکال های تک اتمی است) .

**نکته ی مهم:** علت کم تر بودن انرژی فعالسازى از انرژی پیوند این است که انرژی فعالسازى مقدار انرژی است که باعث **شدن پیوند ها** می شود ولی انرژی پیوند مقدار انرژی است که باعث **شکستن پیوند ها** می شود . مسلماً انرژی لازم برای برای شکستن پیوند ها کم تر از انرژی لازم برای شکستن پیوند ها است .

**نکته:** همانطور که می بینید سطح انرژی رادیکال های تک اتمی از سطح انرژی حالت گذار هم بالاتر است .

## مقایسه ی بین نظریه ی برخورد و نظریه ی حالت گذار :

۱- اساس هر دو نظریه ، برخورد بین مواد واکنش دهنده است .

۲- هر دو نظریه ، واکنش های شیمیایی را در سطح مولکولی بررسی می کنند .

۳- هر دو وجود انرژی فعالسازی را قبول دارند ولی نظریه ی برخورد قادر به محاسبه ی انرژی فعالسازی نیست این در حالی است که نظریه ی حالت گذار می تواند میزان انرژی فعالسازی را تعیین کند (همچنین این دو نظریه برای انرژی فعالسازی تعریف جداگانه ی دارند)

**از دید نظریه ی برخورد :** حداقل انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی ، **انرژی فعالسازی** نامیده می شود .

**از دید نظریه ی حالت گذار :** مقدار انرژی لازم برای تشکیل یک مول حالت گذار از واکنش دهنده ها را **انرژی فعالسازی** می گویند .

۴- نظریه ی حالت گذار پس از نظریه ی برخورد ارایه شد و توانست برخی از نارسایی های نظریه برخورد را بر طرف کند ولی خود نظریه ی حالت گذار نیز خالی از اشکال نیست .

۵- در نظریه ی برخورد ، ذره های واکنش دهنده به صورت **گویی های سخت** در نظر گرفته می شوند که بجز حرکت انتقالی هیچ حرکت دیگری ندارد ولی در نظریه ی حالت گذار ذره های واکنش دهنده علاوه بر حرکت انتقالی دارای حرکت های چرخشی و ارتعاشی نیز می باشند .

۶- موضوع پیچیده ی فعال برای نخستین بار توسط نظریه ی حالت گذار مطرح شد و نظریه برخورد هیچ اطلاعی در مورد پیچیده ی فعال نداشت .

۷- نظریه برخورد فقط برای واکنش های ساده در فاز گازی بوده و از آن نمی توان برای توجیه واکنش های در حالت محلول استفاده کرد . ولی از نظریه ی حالت گذار می توان برای توجیه واکنش های در حالت محلول هم استفاده کرد .

## \*سوالات تشریحی برگزیده ی امتحانات هماهنگ کشوری و استانی و مدارس برتر\*

۱) مفهوم واژه های زیر را بنویسید .

(پ) برخورد مؤثر

(ب) انرژی فعالسازی

(آ) ساز و کار واکنش

۲) بررسی جزء به جزء مراحل انجام واکنش یا بررسی فرایند انجام شده در مقیاس میکروسکوپی ساز و کار واکنش نامیده می شود .

(ب) از دید نظریه ی حالت گذار ، مقدار انرژی لازم برای تشکیل یک مول حالت گذار از واکنش دهنده ها را انرژی فعالسازی می گویند .

(پ) برفوردی است که در آن ذرات هنگام برفورد به هم جهت گیری مناسب و انرژی کافی داشته باشند .

۲) درستی یا نادرستی عبارت های داده شده را مشخص کرده و در صورت نادرست بودن علت را بنویسید .

(آ) پیچیده ی فعال را حین انجام واکنش نمی توان جداسازی و شناسایی کرد .

(ب) انرژی فعالسازی یک واکنش انرژی لازم برای شکستن پیوند مواد واکنش دهنده است .

(پ) در نظریه ی برخورد ، علاوه بر واکنش در فاز گازی ، واکنش های فاز محلول نیز بررسی می شوند .

(ت) در هنگام تشکیل پیچیده ی فعال ، تمام پیوند های اولیه سست می باشد .

(س) مطابق نظریه ی برخورد ، حداقل انرژی لازم برای شروع واکنش برابر تفاوت سطح انرژی مواد اولیه با پیچیده ی فعال است .

(ش) نظریه برخورد و حالت گذار ، هر دو بر برخورد ذره های واکنش دهنده استوارند .

(ج) اگر انرژی فعالسازی واکنشی نصف شود ، سرعت آن واکنش دو برابر می شود .

۲) درست

(ب) نادرست - انرژی فعالسازی یک واکنش انرژی لازم برای شکستن پیوند مواد واکنش دهنده است نه شکستن آن ها .

- (پ) نادرست - نظریه برفورده فقط برای واکنش های ساده در فاز گازی بوده و از آن نمی توان برای توفیه واکنش های در حالت معلول استفاده کرد .
- (ت) نادرست - در پیچیده ی فعال فقط پیوند هایی از ماده واکنش دهنده سست هستند که قرار است بشکنند و لزومی ندارد تمام پیوند ها سست باشند .
- (س) نادرست - به جای نظریه ی برفورده باید نوشته می شد نظریه ی حالت گذار .
- (ش) درست

(ج) نادرست - با نصف شدن انرژی فعالسازی می توان گفت سرعت واکنش بیش تر می شود ولی چون بین انرژی فعالسازی و سرعت واکنش رابطه ی عددی خاصی وجود ندارد ، نمی توان گفت دقیقاً چند برابر شده است .

**(۳)** جاهای خالی موارد زیر را با کلمات مناسب پر کنید .

(آ) هر چه انرژی فعالسازی واکنش بیش تر باشد ، زمان انجام واکنش ..... است .

(ب) به بررسی ..... مراحل انجام شدن یک واکنش در مقیاس ..... ساز و کار واکنش می گویند .

(پ) هر چه  $E_a$  برای یک واکنش ..... باشد ، سرعت آن واکنش بیشتر است .

(آ) بیش تر (ب) جزء به جزء - مولکولی (پ) کم تر

**(۴)** در هر یک از موارد زیر جمله با کدام عبارت به درستی کامل می شود .

(آ) از میان برخورد ها شمار  $\frac{\text{زیادی}}{\text{معدودی}}$  از آن ها به انجام واکنش منجر می شوند . این شمار از برخورد ها ، افزون بر داشتن  $\frac{\text{جهت گیری}}{\text{سرعت}}$  مناسب ، دارای شدت  $\frac{\text{کافی}}{\text{انرژی}}$  می باشد .

(ب) در واکنش های شیمیایی ، هر چه مقدار انرژی فعالسازی کم تر باشد ، ساختار پیچیده ی فعال  $\frac{\text{پایدار تر}}{\text{ناپایدار تر}}$  است ، و سرعت واکنش  $\frac{\text{کم تر}}{\text{بیش تر}}$  خواهد بود .

(پ) طبق نظریه ی  $\frac{\text{برخورد}}{\text{حالت گذار}}$  ذره های واکنش دهنده به صورت  $\frac{\text{اتم های مجزا}}{\text{گوی های سخت}}$  در نظر گرفته می شود .

(ت) در تفسیر ساز و کار واکنش «  $\text{NaOH}_{(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow$  » نمی توان از نظریه ی  $\frac{\text{برخورد}}{\text{حالت گذار}}$  استفاده نمود .

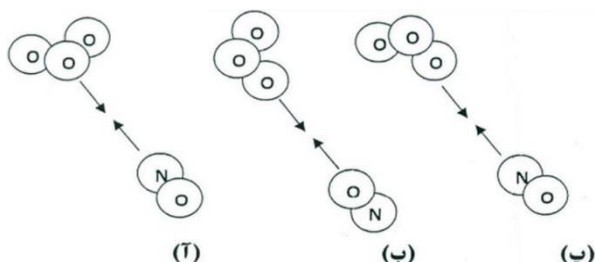
(آ) معدودی - جهت گیری - انرژی

(ب) پایدار تر - بیش تر

(پ) برفورده - گوی های سخت

(ت) برفورده

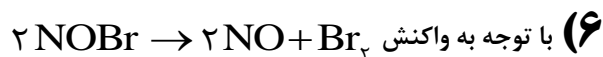
**(۵)** کدام یک از برخورد های زیر که بین دو گاز  $\text{O}_2$  و  $\text{NO}$  صورت می گیرد می تواند منجر به تولید گازهای  $\text{O}_2$  و  $\text{NO}_2$  شود . علت انتخاب خود را بنویسید .



برفورده پ - چون قرار است مولکول  $\text{NO}$  به مولکول  $\text{NO}_2$  تبدیل شود . یعنی بین اتم  $\text{N}$  از مولکول  $\text{NO}$  با یکی از اتم های  $\text{O}$  از مولکول  $\text{O}_2$  پیوند برقرار شود . پس در این صورت جهت گیری مناسب در برفورده پ دیده می شود .

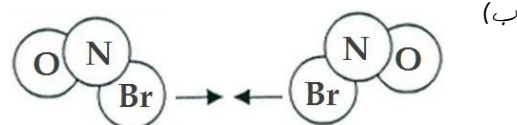
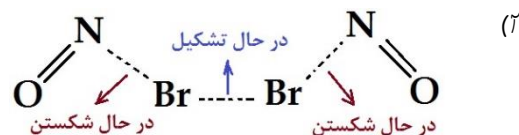






آ) ضمن رسم پیچیده ی فعال آن ، تعداد پیوند های سست را مشخص کنید .

ب) با توجه به نظریه ی برخورد ، برخورد مؤثر که منجر به انجام واکنش می شود را نمایش دهید . (با فرض اینکه برخورد ها دارای انرژی کافی هستند)



### سوالات تستی کنکور سراسری ، کانون فرهنگی آموزش ، سنجش ، گزینه دو ، گاج به صورت تیپ بندی شده

#### ✓ تیپ ۱

۱) بررسی فرایند انجام گرفتن یک واکنش در مقیاس میکروسکوپی ، چه نامیده می شود ؟ (سنجش)

۱) بررسی میکروسکوپی      ۲) موازنه معادله واکنش      ۳) محاسبات استوکیومتری      ۴) ساز و کار واکنش

۲) منظور از ساز و کار واکنش شیمیایی کدام است ؟ (سنجش)

۱) بررسی جزء به جزء واکنش دهنده ها و فراورده ها و موازنه معادله واکنش .

۲) بررسی جزء به جزء مرحله های انجام شدن واکنش .

۳) تشخیص راستای برخورد ذره ها به یکدیگر و افزایش دادن سرعت واکنش .

۴) کاهش دادن مقدار انرژی فعالسازی و افزایش دادن سرعت واکنش .

#### ✓ تیپ ۲

۳) کدام مطلب درباره ی نظریه ی برخورد نادرست است ؟ (گاج)

۱) در آن ، ذره های واکنش دهنده به صورت گوی های سخت در نظر گرفته می شوند .

۲) بر طبق آن ، سرعت واکنش به تعداد برخورد های بین ذره های واکنش دهنده (در واحد حجم و در واحد زمان) بستگی دارد .

۳) برخورد بین ذره های واکنش دهنده ، هنگامی مؤثر است که جهت گیری مناسب و انرژی کافی داشته باشد .

۴) این نظریه ، افزون بر واکنش در فاز گازی ، برای فاز محلول نیز قابل استفاده است .

۴) چه تعداد از موارد زیر در مورد حالت گذار درست است ؟ (گاج)

آ) گونه ای بسیار ناپایدار است که در طول مسیر واکنش تشکیل می شود .

ب) در آن پیوند های اولیه شکسته شده اند و اتم ها آماده ی تشکیل پیوند های جدید هستند .

پ) ناپایداری آن با سرعت واکنش رابطه ی عکس دارد .

۱) صفر      ۲) ۱      ۳) ۲      ۴) ۳

۵) کدام گزینه ، از ویژگی های برخورد مؤثر نیست ؟ (کانون فرهنگی آموزش - ۲۰ آبان ۹۰)

۱) زیاد بودن تعداد برخورد ها      ۲) جهت گیری مناسب ذره ها هنگام برخورد

۳) انرژی مناسب ذره ها هنگام برخورد      ۴) فقط در واکنش های انجام شده در فاز محلول ، برخورد مؤثر صورت می گیرد .

۶) کدام یک از عبارات های زیر ، در رابطه با نظریه های برخورد و حالت گذار نادرست است ؟ (کانون فرهنگی آموزش - ۲۴ آبان ۹۲)

- ۱) هر دو نظریه در مورد انرژی فعالسازی صحبت می کنند .
- ۲) هر دو نظریه واکنش ها را در سطح مولکولی بررسی می کنند .
- ۳) نظریه ی حالت گذار ، در بررسی یک واکنش ، از پیچیده ی فعال استفاده می کند .
- ۴) نظریه ی برخورد برای واکنش های ساده ، در فاز گازی و فاز محلول قابل استفاده است .

۷) کدام مطلب درست است ؟ (کانون فرهنگی آموزش - ۶ آبان ۹۰)

- ۱) نظریه ی برخورد ، واکنش های شیمیایی را در سطح میکروسکوپی بررسی می کند .
- ۲) اساس هر دو نظریه ی برخورد و حالت گذار ، برخورد بین ذره های فراورده است .
- ۳) در نظریه ی برخورد ، در فاز محلول می توان مانند فاز گازی ، ذره ها را مستقل در نظر گرفت .
- ۴) در نظریه ی برخورد ، فقط حرکت های انتقالی ذره های واکنش دهنده در نظر گرفته می شود .

۸) نظریه ی برخورد ، ساز و کار کدام یک از واکنش های زیر را می تواند توجیه کند ؟ (کاج)

- ۱) تجزیه ی حرارتی کلسیم کربنات
- ۲) واکنش گاز های اوزون و نیتروژن مونو اکسید
- ۳) تجزیه ی آب اکسیژنه
- ۴) واکنش منیزیم و هیدروکلریک اسید

۹) کدام عبارت نادرست است ؟ (گزینه دو)

- ۱) اساس هر دو نظریه ی برخورد و حالت گذار ، برخورد بین ذره های واکنش دهنده است .
- ۲) بین نظریه ی حالت گذار و نظریه ی برخورد تفاوت هایی بنیادی وجود دارد .
- ۳) برخورد هنگامی مؤثر است که جهت گیری ذره های برخورد کننده ، مناسب باشد .
- ۴) افزایش تعداد برخورد میان ذره ها ، احتمال وقوع برخورد های مؤثر را افزایش می دهد .

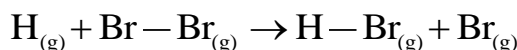
۱۰) کدام مطلب در نظریه ی برخورد مورد توجه قرار نگرفته است ؟ (سراسری تجربی ۸۸)

- ۱) تشکیل پیچیده ی فعال ضمن برخورد ذره ها
- ۲) کافی بودن انرژی ذره های برخورد کننده
- ۳) جهت گیری مناسب ذره ها هنگام برخورد به یکدیگر
- ۴) نقش شمار برخورد ذره ها به یکدیگر در واحد زمان

۱۱) کدام مطلب درباره ی حالت گذار درست نیست ؟ (سراسری ریاضی ۹۲)

- ۱) هر چه ناپایداری آن کم تر باشد ، سرعت پیشرفت واکنش بیش تر است .
- ۲) گونه ای بسیار ناپایدار است که در طول مسیر واکنش تشکیل می شود .
- ۳) سطح انرژی آن به اندازه  $\Delta H$  واکنش ، بالاتر از سطح انرژی واکنش دهنده هاست .
- ۴) در آن پیوند های اولیه در حال گسستن و پیوند های جدید در حال تشکیل اند .

۱۲) اگر انرژی پیوند  $\text{Br}-\text{Br}$  برابر  $195 \text{ KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  باشد انرژی فعالسازی ( $E_a$ ) واکنش زیر کدام است ؟ (تالیفی)



- $E_a = 0$  (۴)       $E_a = 195 \text{ KJ}$  (۳)       $E_a < 195 \text{ KJ}$  (۲)       $E_a > 195 \text{ KJ}$  (۱)

۷ تیپ ۳

۱۳) بر طبق نظریه ی ..... ذرات واکنش دهنده به صورت ..... در نظر گرفته می شوند . بر طبق این نظریه سرعت واکنش به تعداد برخورد ها ..... بستگی دارد . (گزینه دو)

- ۱) حالت گذار - اتم های گازی - فقط در واحد زمان
- ۲) برخورد - گوی های سخت - فقط در واحد زمان
- ۳) حالت گذار - اتم های گازی - در واحد حجم و در واحد زمان
- ۴) برخورد - گوی های سخت - در واحد حجم و در واحد زمان

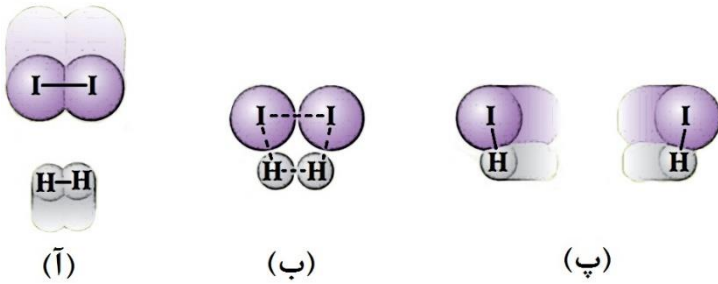
۱۴) در واکنش بین دو ماده، از بین برخورد های ذره های آن ها با یکدیگر، شمار ..... از این برخورد ها به انجام واکنش منجر می شوند. این شمار از برخوردها، نه تنها دارای ..... مناسب اند، بلکه با ..... کافی صورت می گیرند. (سنجش)

- (۱) محدودی - وضعیت - آنتروپی  
 (۲) محدودی - جهت گیری - انرژی  
 (۳) بسیاری - وضعیت - آنتروپی  
 (۴) بسیاری - جهت گیری - انرژی

۱۵) در واکنش های شیمیایی، هر چه مقدار انرژی فعال سازی ..... باشد، ساختار پیچیده ی فعال ..... و سرعت واکنش ..... است. (سراسری ریاضی ۹۰)

- (۱) کم تر - پایدار تر - کم تر (۲) کم تر - ناپایدار تر - بیشتر (۳) بیشتر - ناپایدار تر - کم تر (۴) بیشتر - پایدار تر - بیشتر

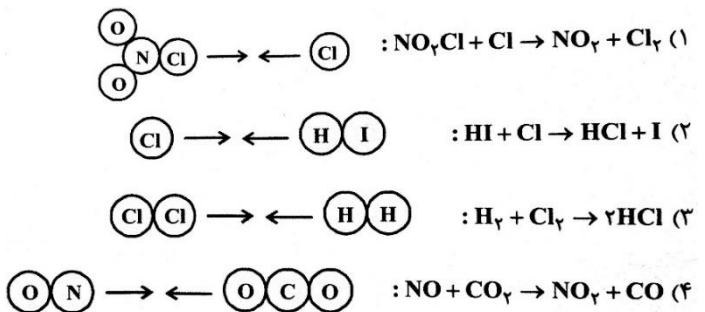
۱۶) با توجه به شکل رو به رو، که به واکنش:  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$  مربوط است، ..... نامیده می شود و حین واکنش ..... توان آن را جدا کرد. (سراسری تجربی ۸۶)



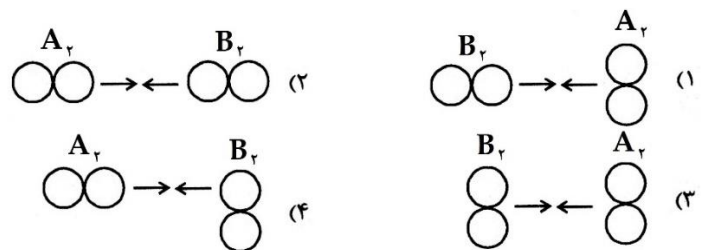
- (۱) آ، حالت گذار - نمی  
 (۲) ب، حالت گذار - نمی  
 (۳) ب، پیچیده ی فعال - می  
 (۴) پ، پیچیده ی فعال - می

✓ تیب ۴

۱۷) راستای برخورد مناسب در کدام واکنش، نادرست نشان داده شده است؟ (کانون فرهنگی آموزش - ۲۰ آبان ۹۰)



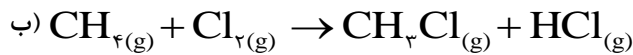
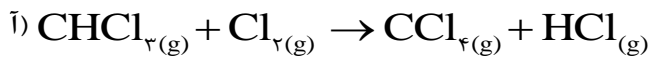
۱۸) مولکول های  $A_2$  و  $B_2$ ، در کدام راستای مشخص شده، اگر با انرژی کافی با هم برخورد کنند، واکنش  $A_2 + B_2 \rightarrow 2AB$  صورت می گیرد؟ (سراسری خارج از کشور تجربی ۸۷)



۱۹) برای انجام واکنش ..... در فاز گازی، جهت گیری مناسب آن است که اتم ..... به ..... در مولکول ..... برخورد کند. (سنجش)

- (۱)  $NO_2Cl + Cl \rightarrow NO_2 + Cl_2$ ، کمر، اتم مرکزی،  $NO_2Cl$   
 (۲)  $O_3 + Cl \rightarrow O_2 + ClO$ ، کمر، یکی از اتم ها،  $O_3$   
 (۳)  $O_3 + O \rightarrow 2O_2$ ، اکسیژن، یکی از اتم های پیرامون اتم مرکزی،  $O_3$   
 (۴)  $H_2O + O \rightarrow 2OH$ ، اتم مرکزی،  $O$ ،  $H_2O$

۲۰) با توجه به واکنش های زیر :



که هر یک در یک ظرف یک لیتری با فشار و دمای یکسان انجام می شود ، در ظرف ..... بیش تر است . (سنجش)

۱) آ ، شمار برخورد های مولکول ها

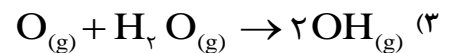
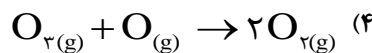
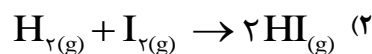
۲) آ ، انرژی مناسب مولکول ها هنگام برخورد

۳) ب ، انرژی مناسب مولکول ها هنگام برخورد

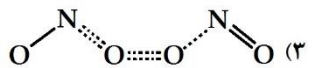
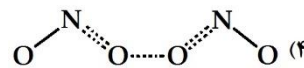
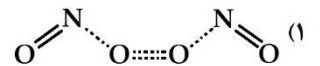
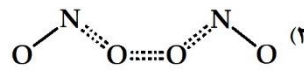
۴) ب ، جهت گیری مناسب مولکول های برخورد کننده

✓ **تیب ۵**

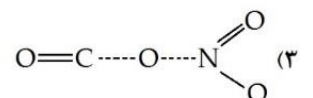
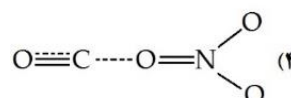
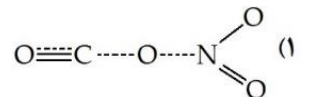
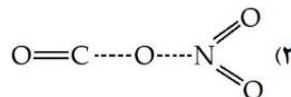
۲۱) در ساختار حالت گذار کدام واکنش گازی زیر ، همه ی پیوند ها با نماد خط چین (---) نمایش داده می شوند ؟ (کانون فرهنگی آموزش - ۱۸ فروردین ۹۱)



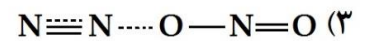
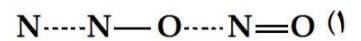
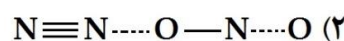
۲۲) ساختار پیچیده ی فعال در واکنش  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$  کدام است ؟ (کانون فرهنگی آموزش - ۱۶ فروردین ۹۲)



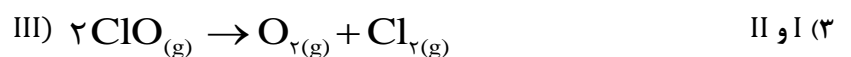
۲۳) ساختار حالت گذار در واکنش  $\text{CO}(g) + \text{NO}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + \text{NO}(g)$  در کدام گزینه درست رسم شده است ؟ (کانون فرهنگی آموزش - ۷ خرداد ۸۹)



۲۴) ساختار پیچیده ی فعال در واکنش مقابل کدام است ؟  $\text{N}_2\text{O} + \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{NO}_2$  (کانون فرهنگی آموزش - ۲۹ دی ۹۱)



۲۵) در ساختار حالت گذار کدام دو واکنش ، همه ی پیوند ها به صورت سست شده هستند ؟ (سنجش)



۲۶) کدام توصیف درباره ی واکنش  $\text{NO}_2\text{Cl}_{(g)} + \text{Cl}_{(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$  نادرست است؟ (گزینه دو)

۱) با انجام واکنش تعداد پیوند ها تغییر نمی کند .

۲) برخورد  $\text{Cl}_{(g)}$  با اتم  $\text{Cl}$  در مولکول  $\text{NO}_2\text{Cl}_{(g)}$  ، جهت گیری مناسب در برخورد دو واکنش دهنده است .

۳) بر اساس نظریه ی حالت گذار ، انرژی فعالسازی در این واکنش از انرژی پیوند  $\text{N}-\text{Cl}$  بیش تر است .

۴) در بین برخورد های پر انرژی فقط برخورد  $\text{Cl}$  با  $\text{Cl}$  منجر به این واکنش می شود .

۲۷) کدام توصیف درباره ی واکنش  $\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$  بر اساس نظریه ی حالت گذار نادرست است؟ (گزینه دو)

۱) وقتی مولکول های واکنش دهنده با هم برخورد می کنند بلافاصله به پیچیده ی فعال تبدیل می شوند .

۲) هنگام برخورد ، پیوند های موجود در ذره های واکنش دهنده دچار دگرگونی می شوند و تا حدودی سست می شوند .

۳) در این واکنش ساختار پیچیده ی فعال به صورت  $\begin{matrix} \text{H} \cdots \text{H} \\ \vdots \\ \text{I} \cdots \text{I} \end{matrix}$  می باشد .

۴) در مسیر برگشت نیز ساختار پیچیده ی فعال مشابه واکنش رفت است .

### پاسخنامه کلیدی

۳	۱۹	۱	۱۰	۴	۱
۴	۲۰	۳	۱۱	۲	۲
۲	۲۱	۲	۱۲	۴	۳
۱	۲۲	۴	۱۳	۳	۴
۱	۲۳	۲	۱۴	۴	۵
۴	۲۴	۳	۱۵	۴	۶
۱	۲۵	۲	۱۶	۴	۷
۳	۲۶	۳	۱۷	۲	۸
۱	۲۷	۳	۱۸	۳	۹