

## شیمی، راهی به سوی آینده ای روشن تر

فوب بپه ها اول به اطلاعات داده شده توجه کنید :

۴م و درصد مهمی گازهای سازنده هوای پاک و فشک (یعنی در آن بقار آب وجود ندارد) به صورت زیر است :

دیگر گازها و  $N_2 > O_2 > Ar > CO_2 > Ne > He > Kr > Xe$  : درصد حجمی گاز در هوا

فرآورده های حاصل از سوختن بنزین خالص به فرمول  $C_8H_{18}$  برابر :

$H_2O$  و  $CO_2$  و  $CO$  : فرآورده های حاصل از سوختن پتئین

نکته : اگر مقدار اکسیژن در سوختن بنزین خالص بسیار کم باشد ، سوختن ناقص تر و علاوه بر محصولات بالا ، مقداری دوره (C) نیز تولید می شود .

فرآورده های حاصل از سوختن بنزین در موتور ماشین که غالباً این بنزین ها ناقص نیز هستند به صورت زیر است :

فرآورده های حاصل از سوختن پتئین ناخالص :  $CO, CO_2, H_2O, C_xH_y, SO_2, NO, NO_2$

توجه : از آنجایی که فود کتاب درسی به یک جمع بندی کامل برای تولید این فرآورده ها نرسیده است ، بهترین اطلاعاتی که می توان ارائه داد ، همان مطلبی است که الان گفتیم .

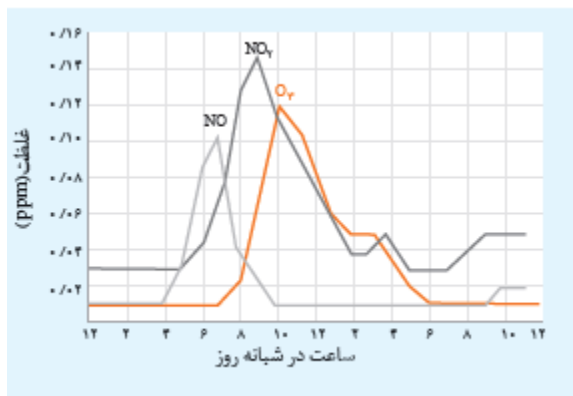
نکته :  $C_xH_y$  همان هیدروکربن های نسوخته ای است که از موتور ماشین بیرون می آید .

هوای آلوده افزون بر هوای فشک ، حاوی گازهای گوناگونی مانند  $SO_2, O_3, NO_2, CO, NO$  ، ذره های معلق و مواد آلی فرار است .

نکته : در فرآورده های حاصل از سوختن بنزین در موتور ماشین ، گاز  $O_3$  ملاحظه نمی شود . در ادامه نحوه تولید این گاز را تشریح خواهیم کرد .

## آلاینده ها

نمودار زیر غلظت برفی از این آلاینده ها را در نمونه ای از هوای یک شهر بزرگ نشان می دهد :



✓ غلظت این گازها به ترتیب برابر :  $NO_2 > O_3 > NO$

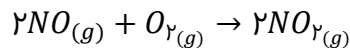
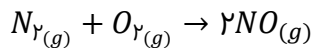
✓ از ساعت ۶ تا ۱۰ صبح ، این آلاینده ها در حداکثر مقدار فود

هستند . زیرا تردد فودروها در این ساعت بیشتر است .

✓ بیشترین غلظت گازهای  $NO, NO_2$  و  $O_3$  به ترتیب در

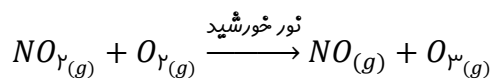
ساعت های ۷ ، ۹ و ۱۰ صبح است .

گازهای  $NO$  و  $NO_2$  به صورت زیر در موتور ماشین تولید می شود :



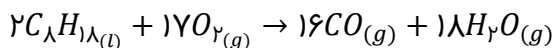
نکته ۱ : در شیمی دهیم فواید که گاز نیتروژن به عنوان اصلی ترین جزء سازنده هواگره ، واکنش پذیری بسیار کمی دارد و به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی دهد . اما تنها هنگام رعد و برق (یا موتور ماشین ) این دو گاز در هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن که در بالا آورده شده است ، تبدیل می شوند .

نکته ۲ : همانطور که از شیمی دهیم به خاطر دارید ، ما دارای دو اوزون استراتوسفری (که نقش مفید) و اوزون تروپوسفری (که نقش مضر) هستیم . اوزون تروپوسفری در هوای آلوده در حضور نور خورشید مطابق واکنش زیر اتفاق تولید می شود :

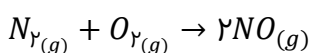


نکته ۳ : با کاهش میزان گاز  $NO_2$  ، مقدار گاز  $O_3$  افزایش می یابد ، زیرا در اواسط روز که نور خورشید بیشتر است ، گاز  $NO_2$  مطابق واکنش بالا مصرف شده و گاز  $O_3$  تولید می شود .

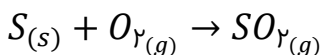
❖ پیدایش گاز  $CO$  : اگر مقدار اکسیژن در موتور ماشین کم باشد ، بر اثر سوختن ناقص بنزین ، یا هر هیدروکربن دیگر در موتور ماشین ، این گاز تولید می شود . برای مثال فرض کنیم فود  $C_8H_{18}$  ناقص بسوزد :



❖ پیدایش گاز  $NO$  : گاز نیتروژن واکنش پذیری کمی دارد و شرایط معمولی با اکسیژن واکنش نمی دهد ، اما در موتور ماشین که دما بیش از  $1000^\circ C$  است ، از طریق واکنش زیر این گاز تولید می شود :



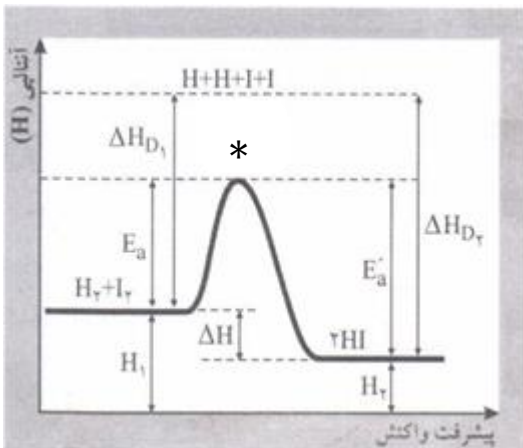
❖ پیدایش گاز  $SO_2$  : در بنزین ماشین به مقدار خیلی کم گوگرد وجود دارد و بر اثر سوختن آن این گاز تولید می شود :



انرژی فعال سازی

برای کاهش و یا حذف آلاینده ها باید آشنایی بیشتری با انرژی فعال سازی و کاتالیزگر داشته باشیم .  
 انرژی فعال سازی واکنش رفت ( $E_a$ ) : به عراق انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی در جهت رفت .  
 انرژی فعال سازی واکنش برگشت ( $E'_a$ ) : به عراق انرژی لازم برای شروع یک واکنش در جهت برگشت .  
 انرژی پیوند : به مقدار انرژی که ما به مواد می دهیم که به طور کامل هر پیوندی که بین خود دارند از میان بردارند و به اتم های سازنده خود تبدیل شوند .

نتیجه : همواره مجموع انرژی پیوند مواد واکنش دهنده ( $\Delta H_{D_1}$ ) بیش از انرژی فعال سازی واکنش رفت ( $E_a$ ) و همواره مجموع انرژی پیوند فرآورده ها ( $\Delta H_{D_2}$ ) بیش از انرژی فعال سازی واکنش برگشت ( $E'_a$ ) است . در واقع انرژی پیوند لازم برای شکستن پیوند است در حالیکه انرژی فعال سازی عراق انرژی لازم برای شروع یک واکنش است .

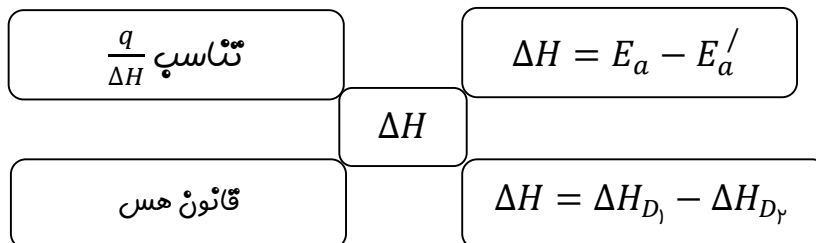


برای مثال به نمودار انرژی - پیشرفت واکنش گازی  
 $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$  توجه کنید :

بالاترین نقطه انرژی در نمودار انرژی - پیشرفت واکنش : صرف نظر از اتم های جدا شده توسط آنتالپی پیوند ، به بالاترین نقطه نمودار که مواد در آن بالاترین سطح انرژی و کمترین میزان پایداری را دارند ، گویند . در نمودار با علامت \* مشخص شده است .

آنتالپی یک تابع حالت است

زمانی که می گوییم آنتالپی یک تابع حالت است ، یعنی فرقی نمی کند که شما آنتالپی واکنش را از چه طریقی بردست می آورید ، زیرا از هر روشی که مقدار آنتالپی را برای یک واکنش حساب می کنید ، مقدار آن با هم برابر است . آنتالپی واکنش از روش های زیر بردست می آید :



نکته ۱ : ملاحظه کنید که با توجه به نمودار بالا که برای واکنش گازی  $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$  است ، مقدار آنتالپی را اگر از روی انرژی فعال سازی و یا آنتالپی پیوند نیز حساب کنیم با یکدیگر برابر خواهد بود . (آنتالپی ربطی به این ندارد که از کدام روش حساب شود)

توجه: آنتالپی واکنش را نمی توان از روی رابطه ی  $\Delta H = H_p - H_r$  حساب کرد، زیرا آنتالپی مواد واکنش دهنده و فرآورده به صورت مطلق قابل اندازه گیری نیست و این رابطه فقط ارزش تئوری دارد.

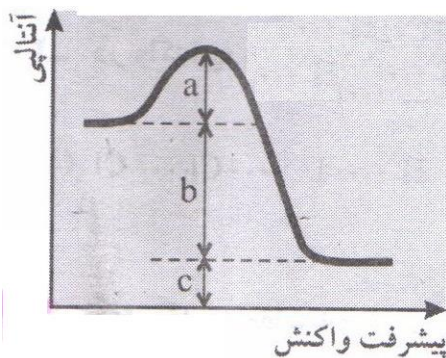
انرژی فعالسازی و رابطه ی آن با سرعت

به طور کلی هر چه مقدار انرژی فعالسازی افزایش پیدا کند، رسیدن به بالاترین نقطه سطح انرژی در نمودار دشوارتر و سرعت واکنش کاهش پیدا می کند.

توجه: انرژی فعالسازی با سرعت واکنش رابطه فطری ندارد، یعنی اینکه نمی توانیم بگوییم وقتی که انرژی فعالسازی نصف شد، هتما سرعت واکنش دو برابر افزایش پیدا می کند، بلکه تنها می توانیم بگوییم که سرعت واکنش افزایش یافته است. برای مثال در واکنش  $2N_2O(g) \rightarrow 2N_2(g) + O_2(g)$  اگر انرژی فعالسازی را نصف کنیم، سرعت واکنش صدها هزار برابر می شود.

انرژی فعالسازی ( $E_a$ ) بیشتر ← رسیدن به بالاترین سطح انرژی نمودار دشوارتر ← سرعت واکنش ( $\bar{R}$ ) کمتر  
 انرژی فعالسازی ( $E_a$ ) کمتر ← رسیدن به بالاترین سطح انرژی نمودار آسانتر ← سرعت واکنش ( $\bar{R}$ ) بیشتر

تمرین ۱: در نمودار مقابل هر یک از موارد فواسته شده را بنویسید.



انرژی فعالسازی واکنش برگشت ( $E_a$ ):

انرژی فعالسازی واکنش رفت ( $E_a$ ):

آنتالپی واکنش دهنده ( $H_r$ ):

آنتالپی فرآورده ( $H_p$ ):

بالاترین سطح انرژی در نمودار انرژی - پیشرفت:

آنتالپی واکنش:

تمرین ۲: با توجه به نمودار داده شده به سوالات پاسخ دهید:

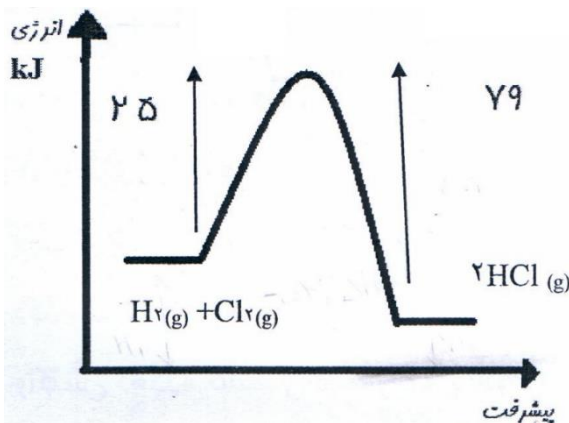
۱-  $E_a$  رفت و  $E_a$  برگشت و  $\Delta H$  برگشت؟

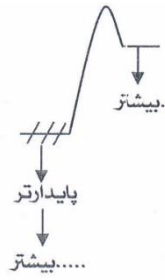
۲- واکنش رفت با سرعت بیشتری انجام می شود یا برگشت؟

۳- فرآورده ها پایدارترند یا واکنش دهنده ها؟

۴- سطح انرژی واکنش دهنده ها بالاتر است یا فرآورده ها؟

۵- مجموع انرژی پیوند واکنش دهنده ها بیشتر است یا فرآورده ها؟





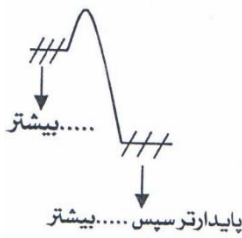
۱- واکنش رفت از  $\bar{R}$  واکنش برگشت کمتر است.

۲- چون سطح انرژی مواد اولیه پایین تر است، بنابراین ماده اولیه پایدارتر است. در نتیجه انرژی پیوند واکنش دهنده ها بیشتر از فرآورده هاست:

$$\Delta H = \Delta H_{D_1} - \Delta H_{D_2} > 0 \Rightarrow \Delta H_{D_1} > \Delta H_{D_2}$$

فرآورده واکنش دهنده      فرآورده واکنش دهنده

گرماگیر  
واکنش ها



۱- واکنش رفت از  $\bar{R}$  واکنش برگشت بیشتر است.

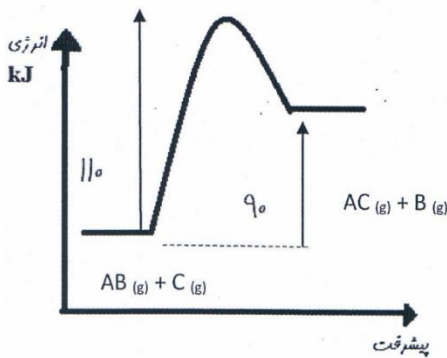
۲- سطح انرژی فرآورده  $>$  سطح انرژی واکنش دهنده  $\Leftarrow$  فرآورده پایدارتر  $\Leftarrow$  انرژی پیوند آن نیز بالاتر است. اما:

$$\Delta H = \Delta H_{D_1} - \Delta H_{D_2} < 0 \Rightarrow \Delta H_{D_1} < \Delta H_{D_2}$$

گرماده

تمرین ۳: با توجه به نمودار داده شده عبارت درست - نادرست را مشخص کنید.

۱- در شرایط یکسان واکنش برگشت نسبت به واکنش رفت با سرعت کمتری انجام می شود.



۲- محتوای انرژی پیوندهای فعال نسبت به فرآورده  $90 \text{ kJ}$  بیشتر است؟

۳- انرژی پیوند  $AB$  برابر  $110 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  است.

۴- محتوای انرژی در بالاترین نقطه نمودار انرژی - پیشرفت به واکنش دهنده ها نزدیک تر از فرآورده هاست؟

۵- تبدیل واکنش دهنده به مواد موجود در بالاترین سطح انرژی در نمودار انرژی - پیشرفت گرماگیر است؟

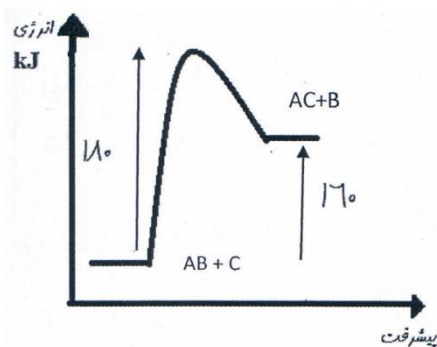
تمرین ۴: در واکنش فرضی  $AC(g) + B(g) \rightarrow AB(g) + C(g)$  محتوای انرژی بالاترین نقطه در نمودار انرژی - پیشرفت واکنش نسبت به واکنش دهنده ها  $80 \text{ kJ}$  و نسبت به فرآورده ها  $30 \text{ kJ}$  بالاتر است. در این صورت اگر

انرژی پیوند  $AB$  برابر  $432 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$  باشد، انرژی پیوند  $AC$  چند کیلو ژول بر مول است؟

تمرین ۵: بر اثر سوختن ۶۴ گرم از گاز متان، مقدار  $3208 \text{ kJ}$  گرما آزاد می شود، اگر انرژی فعال سازی واکنش رفت آن برابر  $120 \text{ kJ}$  باشد، انرژی فعال سازی واکنش برگشت آن برابر چند کیلوژول خواهد شد؟ ( $H = 1$ )

تمرین ۶: اگر در سوختن هیدروژن مفتوای انرژی در بالاترین نقطه نمودار انرژی - پیشرفت نسبت به مفتوای انرژی واکنش دهنده ها و فرآورده ها طبق معادله  $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$  به ترتیب برابر  $120 \text{ kJ}$  و  $330 \text{ kJ}$  باشد، آنتالپی پیوند  $O - H$  برابر چند کیلوژول است؟ ( $\Delta H_{D_1} = 1370 \text{ kJ}$ )

تمرین ۷: با توجه به نمودار داده شده عبارات درست و نادرست را مشخص کنید.



۱- واکنش برگشت نسبت به واکنش رفت ۹ برابر سریع تر است.

۲- انرژی پیوند  $AC$  الزاما بیشتر از  $160 \text{ kJ/mol}$  است.

۳- اختلاف بین انرژی پیوند  $AC$  و  $AB$  قابل اندازه گیری نیست.

۴- به ازای تولید ۵/۰ مول  $AC$ ،  $80 \text{ kJ}$  گرما آزاد می شود.

۵- مفتوای انرژی بالاترین نقطه نمودار انرژی - پیشرفت واکنش، نسبت به فرآورده ها  $160 \text{ kJ/mol}$  بیشتر است.

۶-  $\Delta H$  واکنش  $AC + B \rightarrow AB + C$  برابر  $160 \text{ kJ}$  است.

۷- انرژی پیوند  $AB$  برابر با  $180 \text{ kJ}$  است.

۸- انرژی پیوند  $AC$  از انرژی پیوند  $AB$  بیشتر است.

تمرین ۸: در واکنش فرضی  $AC + B \rightarrow AB + C$  انرژی پیوند  $AC$  و  $AB$  به ترتیب  $۳۲۰ \text{ kJ/mol}$  و  $۴۱۰ \text{ kJ/mol}$

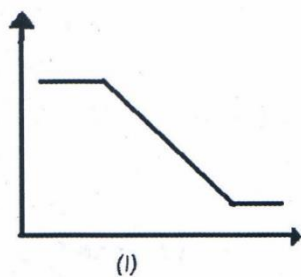
است. کرایم دو عدد را به ترتیب از راست به چپ به  $E_a$  رفت و برگشت می توان نسبت داد؟

- |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| (۱) ۲۰۰ و ۱۱۰ | (۳) ۲۰۰ و ۱۱۰ | (۵) ۵۰۰ و ۵۹۰ |
| (۲) ۵۰۰ و ۵۹۰ | (۴) ۱۳۰ و ۲۱۰ | (۶) ۲۱۰ و ۱۳۰ |

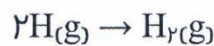
نمودار های انرژی پیشرفت واکنش

اگر در ترسیم نمودار انرژی - پیشرفت واکنش، فقط بهت سر شکستن و یا تشکیل پیوند باشد، دیگر چیزی به نام انرژی فعال سازی وجود ندارد و اندازه  $\Delta H$  برابر با انرژی پیوند شکسته شده و یا انرژی پیوند تشکیل شده است.

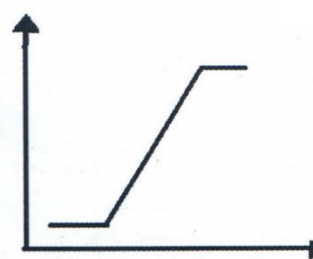
فقط تشکیل پیوند



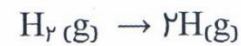
(۱)



فقط شکستن پیوند



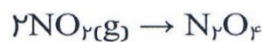
(۲)



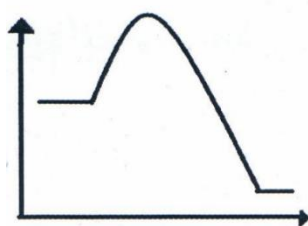
نکته: برای تشفیص سریعتر پنین واکنش هایی که انرژی فعال سازی در آنها وجود ندارد، کافی است به این نکته توجه کنید که در یک سمت از معادله واکنش، همه گونه ها به صورت اتم است (هالا اون سمت میتونه فرآورده و یا واکنش دهنده باشه).

اگر در ترسیم نمودار انرژی - پیشرفت واکنش نکته قبل وجود نداشت، در این صورت هم انرژی فعال سازی و هم بالاترین

ممتوای انرژی در نمودار انرژی - پیشرفت واکنش وجود دارد:

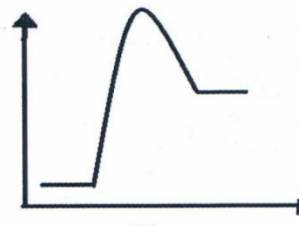


هم شکستن پیوند هم تشکیل پیوند



(۳)

$\Delta H < 0$



(۴)

$\Delta H > 0$