

انرژی فعال‌سازی کلی واکنش‌ها

دکتر حسن حذرخانی

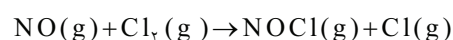
کارشناس گروه شیمی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی

چکیده

انرژی فعال‌سازی کلی در هر واکنش، مقدار انرژی مورد نیاز برای تشکیل بالاترین قله‌ی انرژی از واکنش دهنده‌هاست. در این مقاله انرژی فعال‌سازی واکنش‌های چند مرحله‌ای و ارتباط انرژی فعال‌سازی مراحل مختلف، با انرژی فعال‌سازی کل واکنش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: انرژی فعال‌سازی کلی واکنش، حالت گذار، سرعت واکنش، واکنش چند مرحله‌ای

نمودار ۱، تغییر انرژی را برای واکنشی تک مرحله‌ای به این قرار نشان می‌دهد:



بنا به این نمودار، انرژی فعال‌سازی برگشت یا E'_a کوچک‌تر از انرژی فعال‌سازی واکنش رفت است یعنی سرعت واکنش برگشت از سرعت واکنش رفت بیش‌تر است.

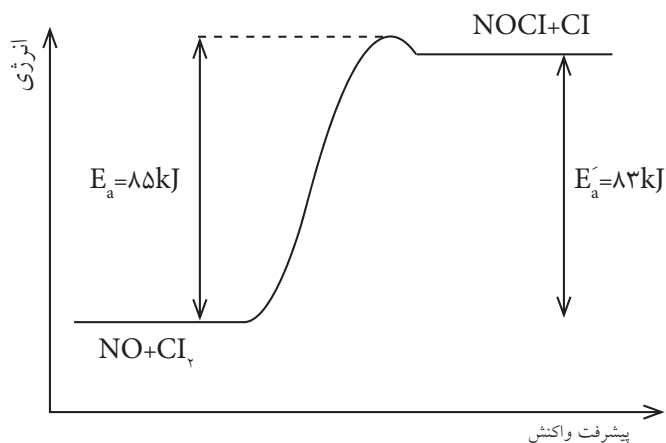
در این واکنش انرژی فعال‌سازی کلی واکنش با انرژی فعال‌سازی مرحله‌ی رفت واکنش برابر است. بنابراین، برای همه‌ی واکنش‌های تک

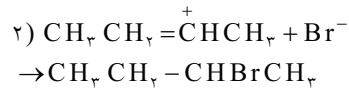
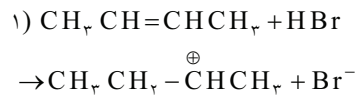
رابطه‌ی میان انرژی فعال‌سازی و ثابت سرعت

در معادله‌ی آرنیوس $K = e^{-\frac{E_a}{RT}}$ عبارت

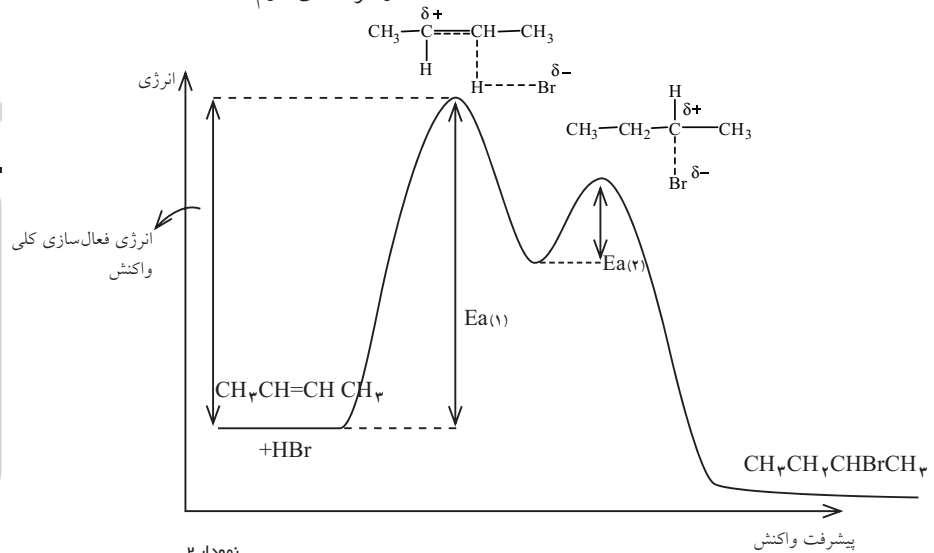
$e^{-\frac{E_a}{RT}}$ ارتباط ثابت سرعت، K ، را با E_a نشان

می‌دهد. با افزایش E_a ، کسر $\frac{E_a}{RT}$ بزرگ‌تر شده، عبارت یاد شده کاهش می‌یابد. پس با بزرگ‌تر شدن انرژی فعال‌سازی واکنش، ثابت سرعت واکنش کوچک‌تر شده، سرعت واکنش کم می‌شود.





نمودار ۲، تغییر انرژی را برای این واکنش نشان می‌دهد. در این واکنش انرژی فعال‌سازی کلی واکنش با انرژی فعال‌سازی مرحله‌ی نخست برابر است. باید توجه کرد که وقتی انرژی فعال‌سازی مرحله‌ی نخست واکنش تأمین می‌شود، انرژی مورد نیاز برای تشکیل حالت گذار با بیش‌ترین محتوای انرژی تأمین شده است. در همین حال، انرژی مورد نیاز برای تشکیل حالت گذار دوم، به‌طور خودبه‌خود تأمین می‌شود. پس دیگر نمی‌توان انرژی‌های فعال‌سازی کلی واکنش را برابر با مجموع انرژی‌های فعال‌سازی مرحله‌ی نخست و مرحله‌ی دوم دانست.



نمودار ۲

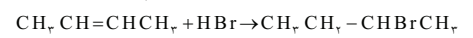
برای همهی واکنش‌های تک مرحله‌ای مشخص کردن E_a و داوری درباره‌ی سرعت واکنش به آسانی امکان‌پذیر است. در حالی که، در واکنش‌های دو یا چند مرحله‌ای یافتن انرژی فعال‌سازی واکنش به دقت بیش‌تری نیاز دارد

مرحله‌ای مشخص کردن E_a و داوری درباره‌ی سرعت واکنش به آسانی امکان‌پذیر است. در حالی که، در واکنش‌های دو یا چند مرحله‌ای یافتن انرژی فعال‌سازی واکنش به دقت بیش‌تری نیاز دارد.

انرژی فعال‌سازی در واکنش‌های دو یا چند مرحله‌ای

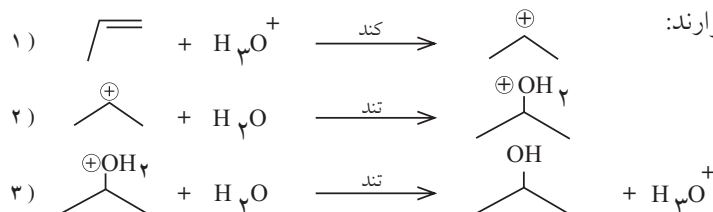
(آ) واکنش‌هایی که مرحله‌ی نخست آن‌ها، مرحله‌ی کند واکنش است

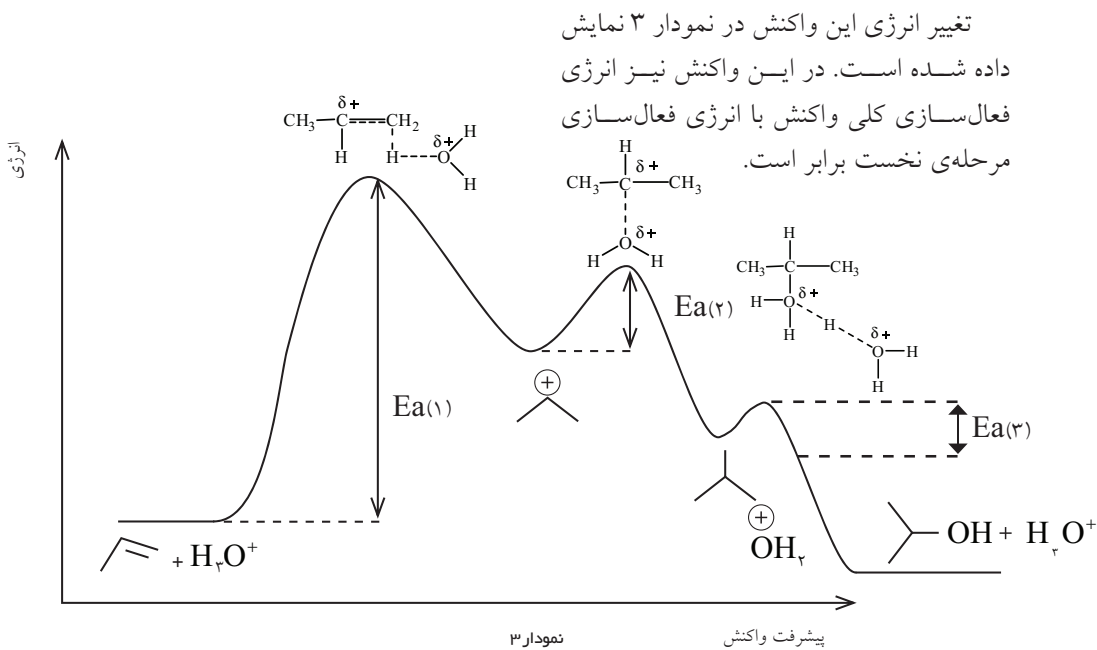
در واکنش‌هایی که مرحله‌ی نخست آن‌ها از مراحل دیگر کندتر است، انرژی فعال‌سازی واکنش با انرژی فعال‌سازی مرحله‌ی کند برابر خواهد بود. برای نمونه، واکنش هیدروبرم‌دار شدن ۲-بوتن را در نظر می‌گیریم:



این واکنش در دو مرحله انجام می‌گیرد و مرحله‌ی نخست آن، مرحله‌ی تعیین‌کننده‌ی سرعت است:

به عنوان نمونه‌ای دیگر تبدیل پروپن به ۲-پروپانول را در حضور آب در نظر می‌گیریم. سازوکار این واکنش انجام آن را در سه مرحله نشان می‌دهد که به این قرارند:





$$E_a = E_{a(1)} + E_{a(2)} - E'_{a(1)}$$

فعال سازی کلی

گفتنی است تا زمانی که حالت گذار II تشکیل نشود واکنش پیشرفت نمی کند و از سوی دیگر می بینیم که انرژی فعال سازی کلی واکنش با مجموع انرژی های فعال سازی مراحل ۱ و ۲ برابر نیست.

نمونه ی دیگری از واکنش های چند مرحله ای، واکنش کاتالیز شده ی تبدیل سیس ۲- بوتن به ترانس ۲- بوتن است. بنا به آنچه

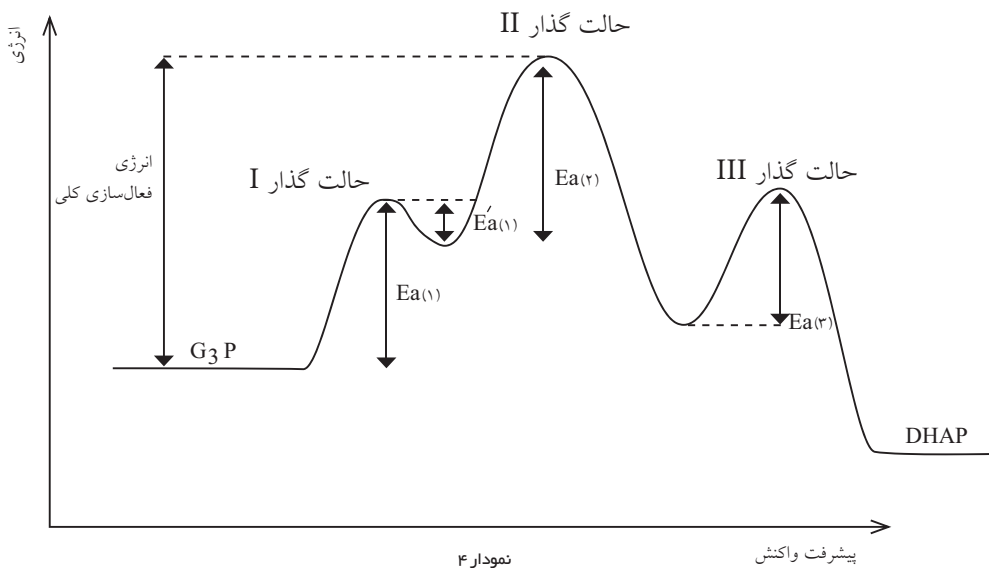
(ب) واکنش هایی که مرحله ی دوم یا

مراحل بعدی، مرحله ی کند واکنش است

نمودار ۴، تغییر انرژی را برای واکنش تبدیل گلیسر آلدهید ۳- فسفات (G₃P) به دی هیدروکسی استون فسفات (DHAP) نشان می دهد. بنا به این نمودار، مرحله ی دوم واکنش مرحله ی کند یا تعیین کننده ی سرعت است. در این جا، انرژی فعال سازی کلی واکنش، همان انرژی مورد نیاز برای تشکیل حالت گذار II از واکنش دهنده هاست و می توان چنین نوشت:



در واکنش هایی که مرحله ی نخست آن ها از مراحل دیگر کندتر است، انرژی فعال سازی واکنش با انرژی فعال سازی مرحله ی کند برابر خواهد بود

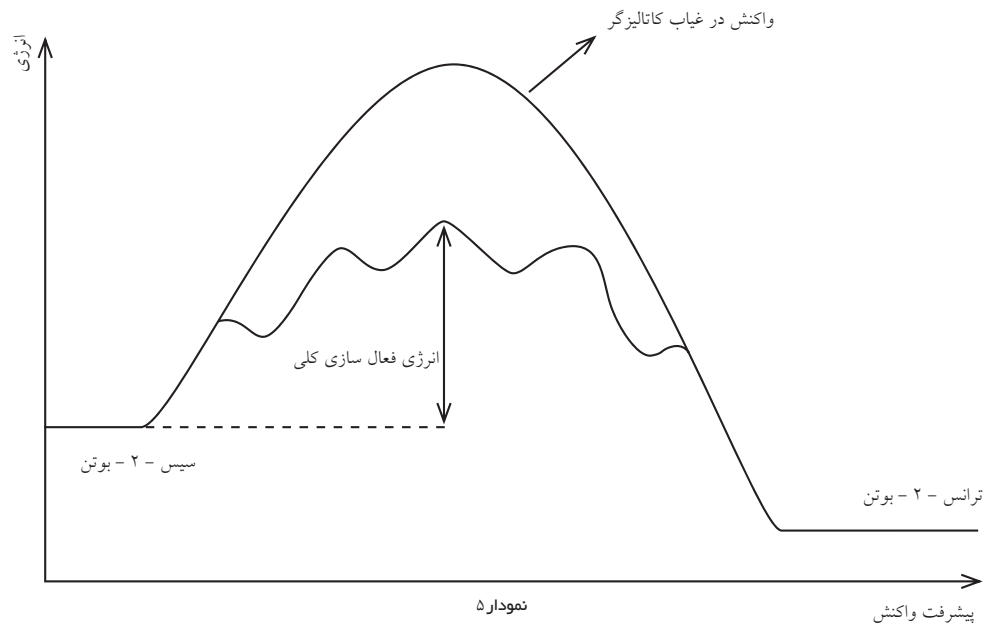




نتیجه گیری

برای هر واکنش می توان یک انرژی فعالسازی در نظر گرفت که انرژی فعالسازی کلی آن را نشان می دهد. این انرژی برابر با اختلاف میان سطح انرژی بالاترین قله ی انرژی، با سطح واکنش دهنده هاست.

گفته شد انرژی فعالسازی کلی واکنش در حالت کاتالیز شده، با انرژی مورد نیاز برای تشکیل حالت گذار III از واکنش دهنده ها، برابر است. مقدار انرژی فعالسازی کلی واکنش در نمودار ۵، نشان داده شده است.



1. Kotz, J. C.; Terichel, P. M.; Weaver, G. C., Chemistry, 2006, Thomson Learning Inc.
2. Lodish, H.; Baltimore, D.; Berk, A.; Zipursky, S. L., Molecular Cell Biology, 1995, Scientific American Books.
3. Bruice, P. Y., Organic Chemistry, 2006, Prentice Hall.