

فصل اول سینتیک شیمیایی

بخش دوم بررسی سازوکار واکنش‌های شیمیایی



پاسخ‌های تشریحی

۱-گزینه‌ی ۳ نظریه‌ی برخورد، واکنش‌ها را از دید میکروسکوپی و در سطح مولکولی بررسی می‌کند. در این نظریه، سرعت واکنش، به تعداد برخوردهای بین ذره‌های واکنش‌دهنده در واحد حجم و در واحد زمان بستگی دارد. دقت داشته باشید که پیشرفت واکنش یک کمیت ترمودینامیکی است و در بررسی پیشرفت واکنش، زمان مطرح نمی‌شود، اما نظریه‌ی برخورد، یک نظریه در سینتیک شیمیایی بوده و از این رو عامل زمان در آن استفاده می‌شود.

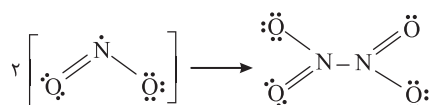
۲-گزینه‌ی ۱ در نظریه‌ی برخورد، ذره‌های واکنش‌دهنده به صورت گوی‌هایی سخت فرض می‌شوند که برای انجام واکنش باید بین آن‌ها برخورد انجام شود. در این نظریه، برخورد هنگامی مؤثر است و به تولید فراورده می‌انجامد که طی آن، ذره‌های برخورد کننده، جهت‌گیری مناسب و انرژی کافی داشته باشند. (علت نادرست بودن گزینه‌های (۲) و (۳))
اساس هر دو نظریه‌ی برخورد و حالت گذار، برخورد بین ذره‌های واکنش‌دهنده است. (علت نادرست بودن گزینه‌ی (۴))

۳-گزینه‌ی ۴ برخوردی منجر به تولید فراورده می‌شود که در جهت مناسب انجام شده و انرژی کافی هم داشته باشد.

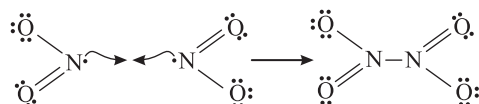
۴-گزینه‌ی ۳ با توجه به شکل‌ها، از ظرف (آ) تا ظرف (پ)، تعداد مولکول‌های O_3 ثابت ولی تعداد مولکول‌های NO در حال افزایش است. اگر حرکت مولکول‌های موجود در ظرف‌ها را دنبال کنید، متوجه می‌شوید که احتمال برخورد بین مولکول‌های NO با مولکول‌های O_3 در ظرف (ب) بیش‌تر از ظرف (آ) است، به همین ترتیب از آن‌جا که تعداد مولکول‌های NO در ظرف (پ) از تعداد این مولکول‌ها در ظرف (ب) بیش‌تر است، احتمال برخورد مولکول‌ها در ظرف (پ) از ظرف (ب) بیش‌تر می‌باشد. از این جمله می‌توانیم نتیجه بگیریم که افزایش غلظت موجب افزایش تعداد برخوردها و در نتیجه، افزایش سرعت واکنش می‌شود.

۵-گزینه‌ی ۲ با افزایش تعداد مولکول‌های NO ، احتمال برخورد این مولکول‌ها با مولکول‌های O_3 موجود در ظرف افزایش یافته و در نتیجه تعداد کل برخوردهای میان ذره‌های موجود در ظرف افزایش می‌یابد، که منجر به افزایش سرعت واکنش می‌شود.

۶-گزینه‌ی ۲ با توجه به نظریه‌ی برخورد، برای این که برخورد بین ذره‌های واکنش‌دهنده، به واکنش و تولید فراورده بیانجامد، باید این ذره‌ها در جهت مناسبی به یک‌دیگر نزدیک شده و برخورد کنند. جهت مناسب را باید با توجه به ساختار لوویس و پیوندهای واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها تشخیص دهیم. برای مثال در واکنش $2NO_2(g) \rightarrow N_2O_4(g)$ ساختار لوویس واکنش‌دهنده و فراورده به صورت زیر است:



اگر به ساختار N_2O_4 نگاه کنید، ملاحظه می‌کنید که در این مولکول یک پیوند یگانه بین اتم‌های نیتروژن وجود دارد. پس در این واکنش منظور از جهت مناسب، برخورد اتم نیتروژن یک مولکول NO_2 با اتم نیتروژن مولکول NO_2 دیگر می‌باشد. این برخورد در شکل زیر نشان داده شده است:



۷-گزینه‌ی ۳ Cl_2 یکی از دو فراورده‌ی واکنش است، در حالی که ما در واکنش‌دهنده‌ها رادیکال کلر را داریم؛ پس باید به گونه‌ای دو اتم کلر به هم نزدیک شده و با یک‌دیگر پیوند برقرار کنند. بنابراین در این واکنش، جهت مناسب، برخورد رادیکال کلر ($Cl(g)$) با اتم کلر در مولکول NO_2Cl می‌باشد. این برخورد، همان برخورد (ب) است، حال اگر این برخورد دارای انرژی کافی هم باشد، می‌تواند منجر به انجام واکنش شده و فراورده‌های واکنش یعنی Cl_2 و NO_2 را تولید کند. در مورد گزینه‌ی (۴) هم باید گفت که در مولکول NO_2Cl ، اطراف اتم مرکزی یعنی نیتروژن، دو اتم اکسیژن و یک اتم کلر وجود دارد، بنابراین هنگامی که اتم‌های کلر به این مولکول نزدیک می‌شوند، احتمال برخورد آن‌ها با دو اتم اکسیژن (برخورد (آ)) بیش‌تر از احتمال برخوردشان با یک اتم کلر (برخورد (ب)) است.

۸- گزینه‌ی ۳ (A) با توجه به این که فراورده‌ی واکنش، گاز HCl است، بنابراین باید پیوند بین اتم کلر و اتم هیدروژن تشکیل شود، پس جهت مناسب برای برخورد این است که اتم Cl(g) با اتم هیدروژن در مولکول HI برخورد کند.

۲- گزینه‌ی نادرست اگر برخورد اتم کلر با مولکول‌های HI با انرژی کافی انجام شود، پیوند بین اتم‌های H و I شکسته شده و به تدریج پیوند H-Cl تشکیل می‌شود، اما نکته‌ی مهم این‌جاست که همه‌ی برخوردها انرژی کافی ندارند و فقط تعداد معدودی از کل برخوردها حداقل انرژی لازم برای انجام واکنش را دارند.

۴- گزینه‌ی نادرست بین انرژی پیوند کووالانسی واکنش‌دهنده‌ها و جهت مناسب برخورد هیچ رابطه‌ای وجود ندارد.

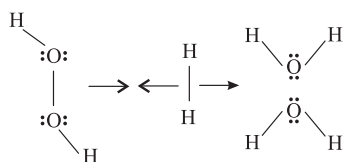
۹- گزینه‌ی ۱ (A) $\text{CO}_2(\text{g})$ یکی از دو فراورده‌ی واکنش است، بنابراین باید پیوندی بین اتم کربن در CO با یکی از اتم‌های اکسیژن در NO_2 تشکیل شود، به همین دلیل جهت مناسب برخورد، نزدیک شدن اتم C مولکول CO_2 به یکی از اتم‌های اکسیژن مولکول NO_2 است.

۱۰- گزینه‌ی ۳ (A) برای تشکیل SO_3 باید یک پیوند بین S و O ایجاد شود، بنابراین جهت مناسب برای برخورد، جهتی است که در آن اتم S در مولکول SO_2 با اتم O در مولکول NO_2 برخورد کند تا از این طریق یک پیوند S-O بین آن‌ها ایجاد شود.

۱۱- گزینه‌ی ۳ (B) در واکنش‌دهنده دو رادیکال ClO(g) را داریم که باید از برخورد هر دو رادیکال ClO(g) ، یک مولکول $\text{Cl}_2(\text{g})$ و یک مولکول $\text{O}_2(\text{g})$ تولید شود، یعنی پیوندهای Cl-Cl و O=O باید تشکیل شود. پس هم زمان باید دو اتم کلر و همچنین دو اتم اکسیژن در دو رادیکال ClO به هم نزدیک شده و با یک‌دیگر برخورد کنند.

۱۲- گزینه‌ی ۱ (B) دو مولکول NOBr باید در جهتی به هم نزدیک شوند که اتم‌های Br آن‌ها با هم برخورد کنند و از این طریق امکان تشکیل پیوند Br-Br بین اتم‌های Br در دو مولکول NOBr فراهم شود.

۱۳- گزینه‌ی ۱ (B) مولکول $\text{H}_2\text{O}_2(\text{g})$ باید در جهتی با مولکول $\text{H}_2(\text{g})$ برخورد کند که پس از برخورد، به هر اتم اکسیژن، دو اتم هیدروژن متصل باشد و از این طریق دو مولکول $\text{H}_2\text{O(g)}$ تولید شود. جهت برخورد صحیح به همراه ساختار لوویس واکنش‌دهنده‌ها و فراورده به صورت روبه‌رو است:



۱۴- گزینه‌ی ۳ (A) در $\text{NO}_2(\text{g})$ که فراورده‌ی واکنش است، هر اتم نیتروژن با سه اتم اکسیژن پیوند کووالانسی دارد، بنابراین جهت مناسب این است که اتم نیتروژن یک مولکول NO_2 با اتم اکسیژن مولکول NO_2 دیگر برخورد کند و از این راه امکان برقراری پیوند کووالانسی سوم بین اتم N و اتم O فراهم شود. به این نکته توجه داشته باشید که در ترکیب NO_2 به دلیل پدیده‌ی روزنانس، دو پیوند نیتروژن و اکسیژن با یک‌دیگر هم‌ارزند. منظور این است که تفاوتی ندارد، اتم N یک مولکول با کدام یک از اتم‌های اکسیژن مولکول NO_2 دیگر برخورد کند.

۱۵- گزینه‌ی ۴ (A) ساختار لوویس واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در این واکنش به صورت زیر است:

با توجه به ساختارهای روبه‌رو، دو مولکول NO(g) و $\text{NO}_2\text{Cl(g)}$ باید در جهتی به هم نزدیک شوند که امکان ایجاد پیوند N-Cl بین آن‌ها فراهم شود، یعنی باید اتم N در NO(g) با اتم Cl در $\text{NO}_2\text{Cl(g)}$ برخورد داشته باشد.

۱۶- گزینه‌ی ۲ (A) طبق نظریه‌ی برخورد، برخوردهایی که هم در جهت مناسب انجام شده و هم دارای انرژی کافی، یعنی انرژی برابر یا بیش‌تر از انرژی فعالساز باشند، می‌توانند منجر به انجام واکنش شده و فراورده را تولید کنند. بدیهی است که از میان کل برخوردهایی که بین ذره‌های واکنش‌دهنده انجام می‌شود، تعداد اندکی از آن‌ها جهت‌گیری مناسب و انرژی کافی دارند.

۱۷- گزینه‌ی ۳ (A) در شکل، سه برخورد مختلف بین ذره‌های واکنش‌دهنده در واکنش $\text{NO(g)} + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ نشان داده شده است. در برخورد a، مجموع انرژی جنبشی NO(g) و $\text{O}_3(\text{g})$ از یک مقدار حداقل (همان انرژی فعالساز E_a) بیش‌تر است، پس این برخورد انرژی کافی دارد و با توجه به این که در جهت مناسب هم انجام شده است، می‌تواند فراورده‌های واکنش یعنی $\text{NO}_2(\text{g})$ و $\text{O}_2(\text{g})$ را تولید کند. دو برخورد b و c با وجود این که در جهت مناسب هستند، به دلیل نداشتن انرژی کافی، منجر به انجام واکنش نمی‌شوند.

۱۸- گزینه‌ی ۲ (A) این شکل کتاب درسی با هدف تعریف انرژی فعالساز E_a در نظریه‌ی برخورد برای یک واکنش شیمیایی آورده شده است. در واکنش‌های شیمیایی برای تبدیل واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها (حرکت از نقطه‌ی A به نقطه‌ی B) مقداری انرژی لازم است. این مقدار انرژی، حداقل مقدار انرژی لازم برای شروع یک واکنش است و از آن با عنوان انرژی فعالساز E_a یاد می‌شود.

۱۹- گزینه‌ی ۳ (A) با توجه به ساختار واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در واکنش $\text{NO(g)} + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ ، برخوردهایی که بین اتم N از مولکول NO(g) با یکی از اتم‌های اکسیژن در مولکول $\text{O}_3(\text{g})$ (البته به جز اکسیژنی که اتم مرکزی است) انجام می‌شود، جهت‌گیری مناسب دارند.

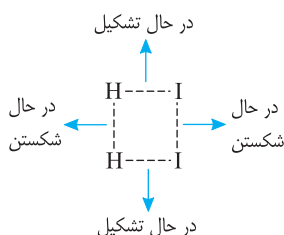
۲۰- گزینه‌ی ۳ طبق نظریه‌ی حالت گذار، وقتی مولکول‌های واکنش‌دهنده با هم برخورد کنند، مدت زمانی کنار یک‌دیگر قرار می‌گیرند. در این هنگام (یعنی هنگام برخورد) برخی از پیوندهای موجود در ذره‌های واکنش‌دهنده تا حدودی سست شده و پیوندهای تازه‌ای به تدریج تشکیل می‌شوند. به حالتی که در آن هم‌زمان پیوندهای اولیه در حال شکستن و پیوندهای جدید در حال تشکیل هستند، حالت گذار یا پیچیده‌ی فعال می‌گویند.

۲۱- گزینه‌ی ۳ شکل داده شده، مربوط به واکنش $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$ است. حالت (آ) برخورد بین ذره‌های واکنش‌دهنده‌ها یعنی $H_2(g)$ و $I_2(g)$ را نشان می‌دهد. حالت (ب) حالت گذار یا پیچیده‌ی فعال را نشان می‌دهد که در آن هم‌زمان پیوندهای $H-H$ و $I-I$ در حال شکستن و دو پیوند $H-I$ در حال تشکیل هستند. حالت (پ) نشان‌دهنده‌ی فراورده‌های واکنش یعنی دو مولکول HI است. که در آن دو پیوند $H-I$ به‌طور کامل وجود دارد. در پیچیده‌ی فعال این واکنش، پیوندهای $H-H$ و $I-I$ تا حدودی سست شده‌اند و به‌طور کامل از بین نرفته‌اند.

۲۲- گزینه‌ی ۱ سطح انرژی پیچیده‌ی فعال از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها بالاتر است، یعنی در همه‌ی واکنش‌ها (چه گرماگیر و چه گرماده)، آنتالپی (H) و انرژی درونی (E) پیچیده‌ی فعال از آنتالپی و انرژی درونی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها پیش‌تر است. **۲** گزینه‌ی نادرست **۳** گزینه‌ی نادرست در پیچیده‌ی فعال، برخی از پیوندها سست هستند، اما در واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها پیوندهای کووالانسی کامل وجود دارد، بنابراین تعداد پیوندهای کووالانسی کامل در پیچیده‌ی فعال از تعداد پیوندهای کووالانسی کامل در واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها کم‌تر است. **۴** گزینه‌ی نادرست پیچیده‌ی فعال، گونه‌ی بسیار ناپایدار است، بنابراین طول عمر آن در محیط واکنش بسیار کم است و به محض تشکیل، به واکنش‌دهنده‌ها و یا به فراورده‌ها تبدیل می‌شود.

۲۳- گزینه‌ی ۳ پیچیده‌ی فعال، گونه‌ی بسیار ناپایدار است. از این رو، نمی‌توان آن را حین واکنش‌ها، جداسازی و شناسایی کرد. **گزینه‌ی ۱**؛ در پیچیده‌ی فعال، پیوندهایی که در واکنش‌دهنده‌ها باید شکسته شوند، در حال سست شدن و هم‌زمان با آن پیوندهایی که در فراورده‌ها باید ایجاد شوند، در حال تشکیل هستند.

گزینه‌ی ۲؛ سطح انرژی پیچیده‌ی فعال از واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها بالاتر است، بنابراین تبدیل پیچیده‌ی فعال هم به واکنش‌دهنده‌ها و هم به فراورده‌ها گرماده و با آزاد شدن انرژی همراه است، پس امکان تبدیل پیچیده‌ی فعال هم به واکنش‌دهنده‌ها و هم به فراورده‌ها وجود دارد. **گزینه‌ی ۴**؛ ساختار پیچیده‌ی فعال واکنش $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI(g)$ به صورت روبه‌رو است:



ملاحظه می‌کنید که در پیچیده‌ی فعال این واکنش پیوند کاملی وجود ندارد و همه‌ی پیوندها در حال شکستن و یا در حال تشکیل هستند.

۲۴- گزینه‌ی ۴ سطح انرژی پیچیده‌ی فعال، هم از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و هم از سطح انرژی فراورده‌ها بالاتر است، بنابراین تبدیل پیچیده‌ی فعال، هم به واکنش‌دهنده‌ها هم به فراورده‌ها، فرایندی گرماده و تبدیل واکنش‌دهنده‌ها به پیچیده‌ی فعال گرماگیر است.

۲۵- گزینه‌ی ۳ در واکنش‌های برگشت‌پذیر، هنگامی که واکنش رفت انجام می‌شود، پیچیده‌ی فعال از واکنش‌دهنده‌ها تولید می‌شود، همچنین هنگامی که واکنش برگشت در حال انجام است، پیچیده‌ی فعال از فراورده‌ها تولید می‌شود. به خاطر داشته باشید که پیچیده‌ی فعال، قله‌ی بین واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌هاست، اگر واکنش‌دهنده‌ها بخواهند به فراورده‌ها تبدیل شوند، یعنی واکنش رفت انجام شود باید ابتدا به قله یعنی پیچیده‌ی فعال برسند و سپس به سمت فراورده‌ها بروند، همچنین اگر بخواهد واکنش برگشت انجام شود و فراورده‌ها به واکنش‌دهنده‌ها تبدیل شوند، باز هم باید ابتدا تبدیل به قله‌ی واکنش یعنی پیچیده‌ی فعال شوند و سپس به سمت واکنش‌دهنده‌ها حرکت کنند.

۱ گزینه‌ی نادرست در حالت کلی رابطه‌ی خاصی بین E_a و E'_a وجود ندارد. ΔH واکنش از رابطه‌ی $\Delta H = E_a - E'_a$ به دست می‌آید، بنابراین در واکنش‌های گرماگیر $\Delta H < 0$ و $E_a > E'_a$ است. همچنین در واکنش‌های گرماده، $\Delta H > 0$ و از این رو $E_a < E'_a$ است.

۲ گزینه‌ی نادرست هنگامی که پیچیده‌ی فعال از واکنش‌دهنده‌ها تولید می‌شود، از برخورد چند ذره واکنش‌دهنده، تنها یک ذره پیچیده‌ی فعال تولید می‌شود، بنابراین تشکیل پیچیده‌ی فعال از واکنش‌دهنده‌ها با کاهش تعداد ذره‌ها و در نتیجه، کاهش بی‌نظمی همراه است.

۴ گزینه‌ی نادرست در ساختار پیچیده‌ی فعال، تنها پیوندهایی که قرار است شکسته و یا تشکیل شوند، سست هستند. این پیوندها با نقطه‌چین نمایش داده می‌شوند. سایر پیوندها بدون تغییر باقی می‌مانند.

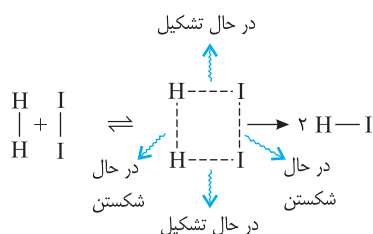
۲۶- گزینه‌ی ۴ اشکال گزینه‌ی ۴ استفاده از کلمه‌ی پیچیده‌ی فعال در نظریه‌ی برخورد می‌باشد. به این نکته‌ی مهم توجه داشته باشید که وجود پیچیده‌ی فعال، فقط در نظریه‌ی حالت گذار مطرح شده است و در نظریه‌ی برخورد، صحبتی از پیچیده‌ی فعال نشده است.

۲۷-گزینه‌ی ۳ نظریه‌ی برخورد، یک مدل بسیار ساده برای توجیه مسیر انجام واکنش‌هاست و فقط برای واکنش‌های گازی قابل استفاده می‌باشد. در نظریه‌ی حالت گذار، برخی از نارسایی‌های نظریه‌ی برخورد برطرف شده است. از جمله این که این مدل، افزون بر واکنش در فاز گازی، برای فاز محلول نیز قابل استفاده است.

۲۸-گزینه‌ی ۳ نظریه‌ی برخورد برای واکنش‌های ساده در فاز گازی به کار می‌رود و نمی‌توان از آن برای توجیه سازوکار واکنش‌هایی استفاده کرد که در حالت محلول انجام می‌شوند، اما نظریه‌ی حالت گذار، در هر دو فاز گاز و محلول قابل استفاده است.

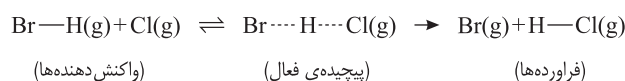
۲۹-گزینه‌ی ۲ انرژی آزاد شده در اثر تشکیل یک مول فراورده، عبارت یا کمیت خاصی را نشان نمی‌دهد و حتی نمایانگر ΔH واکنش هم نمی‌باشد. سه گزینه‌ی دیگر، تعریف‌های مختلف مورد استفاده برای انرژی فعالسازای واکنش در جهت رفت یا همان E_a هستند. تعریف گزینه‌ی (۱) مربوط به نظریه‌ی برخورد و تعریف گزینه‌های (۳) و (۴) مربوط به نظریه‌ی حالت گذار می‌باشند. توجه داشته باشید که در نظریه‌ی برخورد کلمه‌ای به نام حالت گذار یا پیچیده‌ی فعال تعریف نمی‌شود.

۳۰-گزینه‌ی ۲ ساختار پیچیده‌ی فعال در واکنش داده شده به صورت روبه‌رو است:

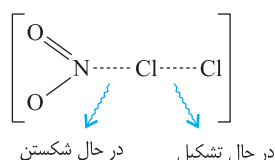


ملاحظه می‌کنید که در ساختار پیچیده‌ی فعال، دو پیوند H-H و I-I در حال شکستن و دو پیوند H-I در حال تشکیل است.

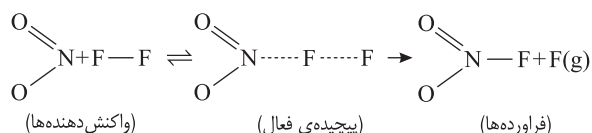
۳۱-گزینه‌ی ۲ اگر به واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها نگاهی بیاندازید، متوجه می‌شوید که برای انجام واکنش باید اتم Cl(g) با اتم هیدروژن در مولکول HBr(g) برخورد کند، تا پیوند H-Cl تشکیل شود. هم زمان با تشکیل تدریجی این پیوند، باید پیوند H-Br هم به تدریج شکسته شود.



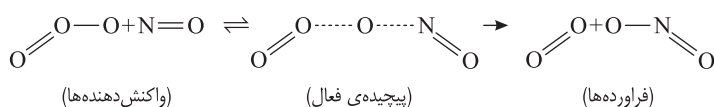
۳۲-گزینه‌ی ۲ در $\text{NO}_2\text{Cl}(\text{g})$ که واکنش‌دهنده است، پیوند N-Cl وجود دارد، در حالی که در فراورده‌ها، چنین پیوندی وجود ندارد، بنابراین برای انجام این واکنش، باید اتم Cl(g) با اتم کلر در مولکول $\text{NO}_2\text{Cl}(\text{g})$ با انرژی کافی برخورد کند. پس از این برخورد، پیوند Cl-Cl به تدریج تشکیل و پیوند N-Cl هم به تدریج شکسته می‌شود.



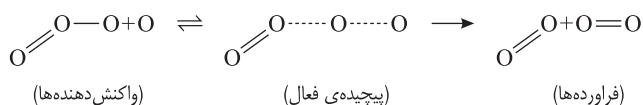
۳۳-گزینه‌ی ۴ با توجه به ساختار واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها باید پیوند بین اتم نیتروژن در $\text{NO}_2(\text{g})$ و اتم فلوئور در $\text{F}_2(\text{g})$ به تدریج تشکیل و پیوند F-F در مولکول $\text{F}_2(\text{g})$ به تدریج شکسته شود.



۳۴-گزینه‌ی ۳ جهت مناسب برخورد، نزدیک شدن اتم نیتروژن در $\text{NO}(\text{g})$ به یکی از اتم‌های اکسیژن متصل به اتم مرکزی در $\text{O}_3(\text{g})$ می‌باشد. پس از این برخورد، پیوند بین اتم‌های اکسیژن به تدریج شکسته شده و پیوند بین اتم نیتروژن و اتم اکسیژن به تدریج تشکیل می‌شود.



۳۵-گزینه‌ی ۱ **B** برای انجام واکنش باید اتم اکسیژن با یکی از اتم‌های اکسیژن متصل به اتم مرکزی در مولکول $O_3(g)$ برخورد مؤثر داشته باشد. پس از این برخورد، پیوند $O=O$ به تدریج در حال تشکیل و هم‌زمان با آن پیوند $O-O$ در مولکول $O_3(g)$ به تدریج در حال شکستن است. (به دلیل وجود رزونانس در مولکول $O_3(g)$ ، دو پیوند موجود در این مولکول از لحاظ طول پیوند و انرژی پیوند هم‌ارز یک‌دیگرند و با هم تفاوتی ندارند.)

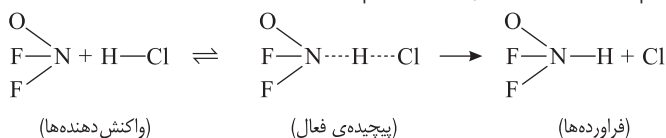


۲ گزینه‌ی نادرست در ساختار پیچیده‌ی فعال، جفت الکترون‌های ناپیوندی نشان داده نمی‌شوند.

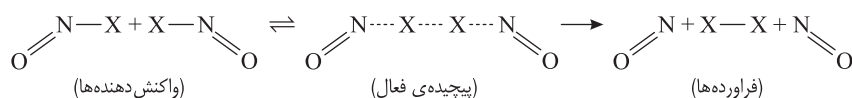
۳ گزینه‌ی نادرست اگر قرار است در فراورده‌ها پیوند دوگانه‌ای تشکیل شود، نباید آن را با دو سری نقطه‌چین در پیچیده‌ی فعال نشان دهیم.

۴ گزینه‌ی نادرست در ساختار پیچیده‌ی فعال، تنها پیوندهایی که قرار است شکسته یا تشکیل شوند را با نقطه‌چین نشان می‌دهیم و اگر پیوندی دچار تغییر نمی‌شود، آن را به صورت کامل در پیچیده‌ی فعال می‌آوریم. در واکنش داده شده تنها یکی از پیوندها در مولکول O_3 باید شکسته شود و پیوند دیگر بدون تغییر است.

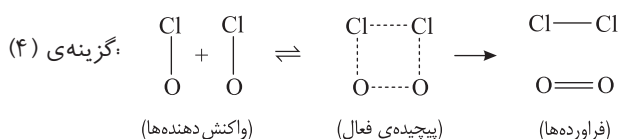
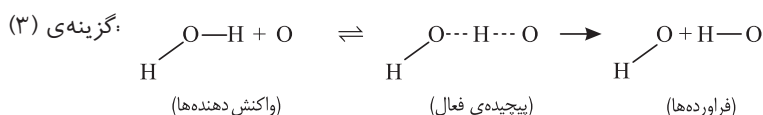
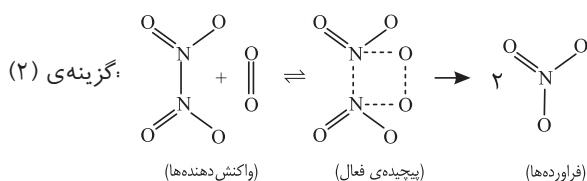
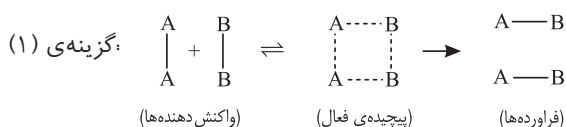
۳۶-گزینه‌ی ۱ **B** با توجه به ساختار فراورده‌ها، باید پیوند بین اتم نیتروژن در $NOF_2(g)$ و اتم هیدروژن در $HCl(g)$ تشکیل شود.



۳۷-گزینه‌ی ۳ **B** نکته‌ی کلیدی در رسم ساختار پیچیده‌ی فعال این واکنش، تشکیل پیوند بین اتم X از دو مولکول NOX می‌باشد، یعنی باید این دو مولکول را در جهتی به هم نزدیک کنیم که اتم‌های X آن‌ها با هم برخورد کنند. دو پیوند $N-X$ به تدریج سست شده و هم‌زمان با آن پیوند $X-X$ تشکیل خواهد شد.



۳۸-گزینه‌ی ۳ **B** در واکنش‌هایی که برای انجام واکنش باید دو پیوند شکسته و هم‌زمان با آن دو پیوند تشکیل شود، ساختار پیچیده‌ی فعال به صورت یک چهار ضلعی خواهد بود. ساختار پیچیده‌ی فعال در چهار گزینه به صورت‌های زیر است:



۳۹-گزینه‌ی ۱ **C** اگر پیوند (۱) را بشکنیم و پیوند (۲) را تشکیل دهیم، به دو ترکیب $NOCl$ و O_3 می‌رسیم که واکنش‌دهنده‌های واکنش

مورد نظر ما هستند. از تشکیل پیوند (۱) و شکستن پیوند (۲) هم، دو ترکیب NO_2Cl و O_3 حاصل می‌شوند که فراورده‌های واکنش می‌باشند.

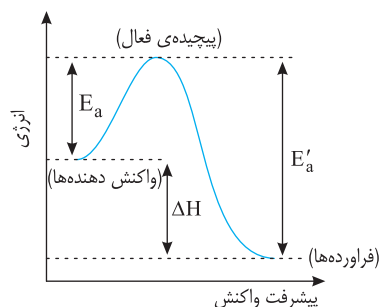
۴۰- گزینه‌ی ۴ هر چه پیچیده‌ی فعال در واکنش پایدارتر باشد، سطح انرژی آن پایین‌تر بوده و از این رو تفاوت سطح انرژی آن با واکنش‌دهنده‌ها که همان انرژی فعالسازی واکنش رفت (E_a) است، کم‌تر خواهد بود.

۱ گزینه‌ی نادرست در واکنش‌هایی مانند $2\text{Cl(g)} \rightarrow \text{Cl}_2\text{(g)}$ که بین اتم‌های واکنش‌دهنده، پیوندی وجود ندارد و برای انجام واکنش لازم نیست که پیوندی شکسته شود، پیچیده‌ی فعالی تشکیل نمی‌شود و فراورده‌ی واکنش از برخورد مستقیم دو اتم Cl(g) تولید می‌شود.

۲ گزینه‌ی نادرست در نظریه‌ی برخورد، پدیده‌ای به نام حالت گذار و یا پیچیده‌ی فعال وجود ندارد.

۳ گزینه‌ی نادرست در حالت کلی، رابطه‌ای بین ΔH یک واکنش و E_a آن وجود ندارد، ممکن است واکنش بسیار گرماده بوده و ΔH آن بسیار منفی باشد ولی انرژی فعالسازی آن بسیار کم باشد.

۴۱- گزینه‌ی ۳ پیچیده‌ی فعال، گونه‌ی ناپایداری است و سطح انرژی آن، هم از واکنش‌دهنده‌ها و هم از فراورده‌ها بالاتر می‌باشد. تفاوت سطح انرژی پیچیده‌ی فعال با واکنش‌دهنده‌ها را انرژی فعالسازی واکنش رفت نامیده و آن را با E_a یا $E_a(\text{S}\ddot{\text{I}}\text{n})$ نشان می‌دهند. همچنین تفاوت سطح انرژی پیچیده‌ی فعال با فراورده‌ها را انرژی فعالسازی واکنش برگشت نامیده و آن را با E'_a یا $E'_a(\text{S}\ddot{\text{Z}}\text{-O})$ نشان می‌دهند. کمیت‌های E_a ، E'_a و ΔH در شکل روبه‌رو نشان داده شده است:



۴۲- گزینه‌ی ۲ هر چه سطح انرژی پیچیده‌ی فعال پایین‌تر باشد، پایدارتر بوده و تفاوت سطح انرژی آن با واکنش‌دهنده‌ها کم‌تر می‌شود، بنابراین انرژی فعالسازی کم‌تر می‌شود. از طرف دیگر می‌دانیم انرژی فعالسازی یک واکنش با سرعت انجام آن، رابطه‌ی وارونه دارد. یعنی هر چه انرژی فعالسازی یک واکنش بیش‌تر باشد، سرعت انجام آن کم‌تر است. بین گرماده و گرماگیر بودن یک واکنش که با ΔH آن مشخص می‌شود و E_a واکنش و همچنین سطح انرژی پیچیده‌ی فعال رابطه‌ی خاصی وجود ندارد، یعنی در جای خالی اول پرسش، هم گرماده و هم گرماگیر را می‌توان قرار داد.

۴۳- گزینه‌ی ۲ هرچه انرژی فعالسازی واکنش کم‌تر باشد، سرعت انجام آن بیش‌تر است. بین دو واکنش داده شده، انرژی فعالسازی واکنش (۱) از انرژی فعالسازی واکنش (۲) کم‌تر است، بنابراین در شرایط یکسان، سرعت واکنش (۱) از سرعت واکنش (۲) بیش‌تر می‌باشد. **۱** گزینه‌ی نادرست ΔH ، یک کمیت ترمودینامیکی است و از روی آن نمی‌توان درباره‌ی سرعت واکنش اظهار نظر کرد. واکنش‌های گرماده بسیاری وجود دارند که به دلیل داشتن انرژی فعالسازی زیاد، سرعت انجام آن‌ها کم است. سرعت واکنش‌ها را با توجه به انرژی فعالسازی آن‌ها با یک دیگر مقایسه می‌کنند.

۴ گزینه‌ی نادرست از این که E_a در واکنش (۱) به اندازه‌ی $5\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ از E_a در واکنش (۲) کم‌تر است، نمی‌توان نتیجه گرفت که سرعت مصرف A در واکنش (۱) به اندازه‌ی $5\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ از سرعت مصرف C در واکنش (۲) بیش‌تر است. سرعت یک واکنش علاوه بر E_a ، دما و فشار به عوامل دیگری مانند ماهیت واکنش‌دهنده‌ها هم بستگی دارد.

۴۴- گزینه‌ی ۴ انرژی فعالسازی واکنش (۱) در جهت رفت از انرژی فعالسازی واکنش (۲) در جهت برگشت کم‌تر است، از آن‌جا که انرژی فعالسازی یک واکنش با سرعت انجام آن رابطه‌ی وارونه دارد، می‌توانیم نتیجه بگیریم که سرعت واکنش (۱) در جهت رفت، از سرعت واکنش (۲) در جهت برگشت بیش‌تر است.

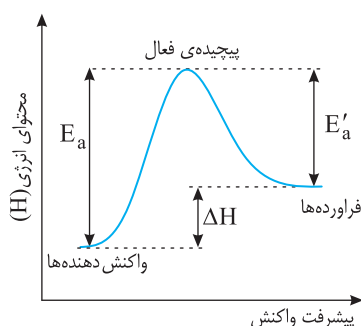
۲ گزینه‌ی نادرست با توجه به این که ΔH واکنش‌ها را نداریم، نمی‌توانیم E'_a واکنش (۱) و E_a واکنش (۲) را تعیین کنیم، پس نمی‌توانیم سرعت واکنش (۲) در جهت رفت را با سرعت واکنش (۱) در جهت برگشت مقایسه کنیم.

۳ گزینه‌ی نادرست بین انرژی فعالسازی یک واکنش و سرعت انجام آن رابطه‌ی وارونه وجود دارد ولی این رابطه، خطی نیست، یعنی از این که انرژی فعالسازی واکنش (۱) در جهت رفت، نصف انرژی فعالسازی واکنش (۲) در جهت برگشت است، نمی‌توان نتیجه گرفت که سرعت واکنش (۱) در جهت رفت، دو برابر سرعت واکنش (۲) در جهت برگشت است.

۴۵- گزینه‌ی ۲ معادله‌ی واکنش بین H_2 و O_2 که همان واکنش سوختن هیدروژن است، به صورت $2\text{H}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O(g)}$ می‌باشد. ΔH این واکنش بسیار منفی بوده و در اثر انجام آن گرمای زیادی آزاد می‌شود. اما توجه داشته باشید که رابطه‌ی خاصی بین ΔH یک واکنش که کمیتی ترمودینامیکی است با E_a آن که کمیتی سینتیکی است وجود ندارد. عامل مهم در میزان سرعت نسبی یک واکنش، انرژی فعالسازی آن است. از آن‌جا که انرژی فعالسازی این واکنش زیاد است، با آن که واکنش بسیار گرماده می‌باشد، سرعت انجام آن بسیار کم است. اما اگر با زدن یک جرقه و دادن یک انرژی اولیه به آن، انرژی فعالسازی آن را تأمین کنیم، واکنش سوختن کاملاً انفجاری انجام می‌شود.

۴۶- گزینهی ۳ انرژی فعالسازی یک واکنش از مجموع انرژی پیوندهای ذره‌های واکنش‌دهنده‌ی آن (در حالت گازی) کم‌تر است، زیرا

اگر به اندازه‌ی مجموع انرژی پیوندهای واکنش‌دهنده‌ها به آن‌ها انرژی دهیم، پیوند بین اتم‌های آن‌ها به طور کامل شکسته می‌شود و ما به رادیکال‌های اتمی می‌رسیم، اما در ساختار پیچیده‌ی فعال که سطح انرژی آن به اندازه‌ی انرژی فعالسازی از واکنش‌دهنده‌ها بالاتر است، تنها برخی از پیوندها سست هستند و پیوندها به طور کامل شکسته نشده‌اند. از طرف دیگر پیوندها بین A و B در حال تشکیل است که با آزاد شدن انرژی همراه است.

$$E_a < [(A-A \text{ پیوند}) + (B-B \text{ پیوند})] \Rightarrow E_a < (14/5 + 25/5) \Rightarrow E_a < 40 \text{ kJ.mol}^{-1}$$


نمودار «انرژی - پیشرفت» یک واکنش گرماگیر به صورت روبه‌رو است:

$$I: \Delta H > 0 \Rightarrow H_p - H_r > 0 \Rightarrow H_p > H_r$$

مجموع آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها (H_r) > مجموع آنتالپی فرآورده‌ها (H_p)

$$II: \Delta H = E_a - E'_a > 0 \Rightarrow E_a > E'_a$$

انرژی فعالسازی واکنش برگشت > انرژی فعالسازی واکنش رفت

تذکر: در تست‌ها و پرسش‌ها، منظور از سطح انرژی، همان انرژی درونی (E) و منظور از محتوای انرژی، همان آنتالپی (H) است. به خاطر داشته باشید که H و E تفاوت چندانی با هم ندارند و در بیش‌تر موارد می‌توان آن‌ها را با یک‌دیگر هم‌معنی در نظر گرفت.

۴۸- گزینهی ۳ با توجه به رابطه‌ی $\Delta H = E_a - E'_a$ و استفاده از این نکته که در واکنش‌های گرماگیر $\Delta H > 0$ است و همچنین همواره

و در همه‌ی واکنش‌ها، E_a و E'_a دو کمیت مثبت هستند، می‌توانیم نتیجه بگیریم که در واکنش‌های گرماگیر، E_a از ΔH بزرگ‌تر است.

۱- گزینه‌ی نادرست از آن‌جا که در واکنش‌های گرماگیر، مجموع آنتالپی فرآورده‌ها از مجموع آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها بیش‌تر است، بنابراین فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها ناپایدارتر بوده و فعالیت شیمیایی بیش‌تری دارند. سطح انرژی پیچیده‌ی فعال هم از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و هم از سطح انرژی فرآورده‌ها بالاتر است.

واکنش‌دهنده‌ها > فرآورده‌ها > پیچیده‌ی فعال: سطح انرژی و فعالیت

واکنش‌دهنده‌ها < فرآورده‌ها < پیچیده‌ی فعال: پایداری

۲- گزینه‌ی نادرست در واکنش‌های گرماگیر، E_a از E'_a بیش‌تر است، بنابراین سرعت واکنش رفت از سرعت واکنش برگشت، کم‌تر می‌باشد.

۴- گزینه‌ی نادرست در واکنش‌های گرماگیر، $\Delta H > 0$ بوده و E_a نیز از E'_a بزرگ‌تر است، بنابراین $\Delta H + E_a$ از E'_a بزرگ‌تر می‌باشد.

۴۹- گزینهی ۱

$$\Delta H = E_a - E'_a \Rightarrow -42/5 = 12/5 - E'_a \Rightarrow E'_a = 12/5 + 42/5 = 54 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

۵۰- گزینهی ۳ تفاوت سطح انرژی پیچیده‌ی فعال با واکنش‌دهنده‌ها، انرژی فعالسازی واکنش رفت (E_a) و سطح انرژی پیچیده‌ی

فعال با فرآورده‌ها، انرژی فعالسازی واکنش برگشت (E'_a) است.

$$\Delta H = E_a - E'_a \Rightarrow +72 = 78 - E'_a \Rightarrow E'_a = 78 - 72 = 6 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

۵۱- گزینهی ۲ در اثر انجام واکنش، ۳۶ کیلوژول گرما از محیط گرفته شده است، بنابراین واکنش در جهت رفت گرماگیر و

$\Delta H = +36 \text{ kJ}$ است. ΔH واکنش برگشت، قرینه‌ی ΔH واکنش رفت می‌باشد، پس واکنش برگشت گرماده و $\Delta H = -36 \text{ kJ}$ است.

$$\Delta H = E_a - E'_a \Rightarrow +36 = 76 - E'_a \Rightarrow E'_a = 76 - 36 = 40 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

۵۲- گزینهی ۳

$$\Delta H = -33/5 \text{ kJ} \Rightarrow \begin{cases} E_a - E'_a = -33/5 \\ E_a + E'_a = 59 \end{cases} \Rightarrow 2E_a = 25/5 \Rightarrow E_a = \frac{25/5}{2} = 12/75 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$E'_a = 59 - E_a = 59 - 12/75 = 46/25 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

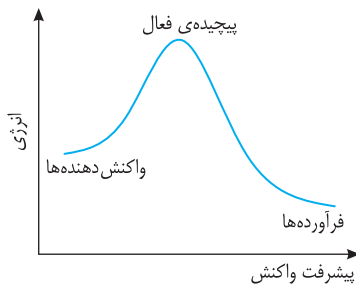
۵۳- گزینهی ۴ با توجه به این که واکنش گرماده است، بنابراین $\Delta H < 0$ می‌باشد. همچنین در واکنش داده شده، دو مول HI(g) تولید

شده است، پس باید $2 \times 14/5 \text{ kJ}$ ، یعنی ۲۹ کیلوژول گرما در اثر انجام این واکنش آزاد شود، بنابراین $\Delta H = -29 \text{ kJ}$ است. تفاوت میان سطح

انرژی پیچیده‌ی فعال و سطح انرژی فرآورده‌ها، همان انرژی فعالسازی واکنش برگشت (E'_a) است.

$$\Delta H = -29 \text{ kJ} \Rightarrow E_a - E'_a = -29 \Rightarrow E_a - 46 = -29 \Rightarrow E_a = -29 + 46 = 17 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{S-Zn}} = -\Delta H_{\text{S-In}} = -(-29) = +29 \text{ kJ}$$



۵۴-گزینه‌ی ۳ نمودار «انرژی - پیشرفت» یک واکنش گرماده به صورت روبه‌رو

است. ملاحظه می‌کنید که در واکنش‌های گرماده، تفاوت سطح انرژی پیشیده‌ی فعال با سطح انرژی واکنش دهنده‌ها، کم‌تر از تفاوت سطح انرژی پیشیده‌ی فعال با سطح انرژی فرآورده‌هاست. بنابراین در واکنش‌های گرماده، سطح انرژی پیشیده‌ی فعال به سطح انرژی واکنش دهنده‌ها نزدیک‌تر است.

گزینه‌ی (۱): در یک واکنش گرماده، $\Delta H < 0$ است.

$\Delta H =$ (مجموع ΔH های تشکیل واکنش دهنده‌ها) - (مجموع ΔH های تشکیل فرآورده‌ها)

\Rightarrow (مجموع ΔH های تشکیل واکنش دهنده‌ها) < (مجموع ΔH های تشکیل فرآورده‌ها)

انرژی فعالسازي واکنش برگشت < انرژی فعالسازي واکنش رفت $\Rightarrow E_a < E'_a \Rightarrow \Delta H = E_a - E'_a < 0$ **گزینه‌ی (۳)**

گزینه‌ی (۴): $\Delta H < 0 \Rightarrow H_p - H_r < 0 \Rightarrow H_p < H_r \Rightarrow$ پایداری فرآورده‌ها بیش‌تر است.

۵۵-گزینه‌ی ۱ از معادله‌ی واکنش داده شده نتیجه می‌گیریم که واکنش رفت گرماده و ΔH آن برابر -392 kJ است. تفاوت سطح

انرژی پیشیده‌ی فعال با سطح انرژی واکنش دهنده‌ها، انرژی فعالسازي واکنش رفت (E_a) است. یعنی انرژی فعالسازي واکنش رفت، برابر با 18 کیلوژول می‌باشد. واکنش $\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{O}_3(\text{g}) + \text{O}(\text{g})$ ، واکنش برگشت است و با توجه به این که ΔH واکنش رفت برابر -392 kJ است،

بنابراین ΔH واکنش برگشت برابر $+392 \text{ kJ}$ می‌باشد. E'_a واکنش برگشت، همان E_a واکنش رفت است، بنابراین حاصل جمع ΔH و E'_a واکنش داده شده را می‌توانیم به صورت روبه‌رو بنویسیم:

$$\Delta H + E'_a = +392 + 18 = 410 \text{ kJ}$$

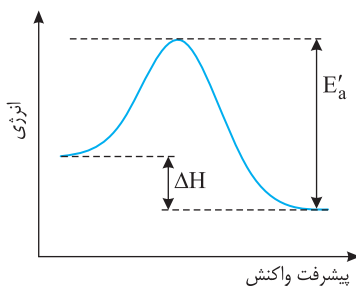
۵۶-گزینه‌ی ۳ در واکنش‌های گرماده، انرژی فعالسازي واکنش رفت (E_a) از انرژی فعالسازي واکنش برگشت (E'_a) کم‌تر است،

بنابراین تبدیل واکنش دهنده‌ها به پیشیده‌ی فعال، آسان‌تر (سریع‌تر) از تبدیل فرآورده‌ها به پیشیده‌ی فعال می‌باشد.

۱ گزینه‌ی نادرست واکنش رفت گرماده است، بنابراین E_a از E'_a کم‌تر است.

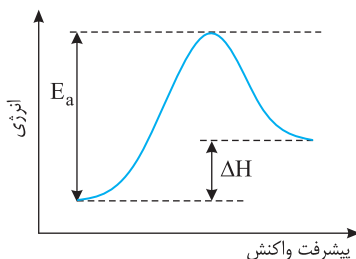
۲ گزینه‌ی نادرست ساختار پیشیده‌ی فعال این واکنش به صورت $\begin{array}{c} \text{H} \cdots \text{I} \\ | \quad | \\ \text{H} \cdots \text{I} \end{array}$ است. در این ساختار، یک پیوند $\text{H}-\text{H}$ و یک پیوند $\text{I}-\text{I}$ در حال شکستن و دو پیوند $\text{H}-\text{I}$ در حال تشکیل هستند.

۴ گزینه‌ی نادرست ΔH واکنش برگشت، قرینه‌ی ΔH واکنش رفت می‌باشد. واکنش رفت گرماده است، بنابراین واکنش برگشت گرماگیر ($\Delta H_{\text{SZ-011}} > 0$) می‌باشد.



۵۷-گزینه‌ی ۴ با توجه به نمودار روبه‌رو و با استفاده از رابطه‌ی $\Delta H = E_a - E'_a$ ، نتیجه

می‌گیریم که در واکنش‌های گرماده، E'_a از $|\Delta H|$ بزرگ‌تر است. ΔH واکنش داده شده -35 kJ است، بنابراین قدرمطلق ΔH برابر $+35 \text{ kJ}$ بوده و در نتیجه E'_a باید از 35 kJ بیش‌تر باشد.



۵۸-گزینه‌ی ۲ نمودار «انرژی - پیشرفت» یک واکنش گرماگیر به صورت روبه‌رو است.

با دقت در این نمودار و همچنین دانستن رابطه‌ی $\Delta H = E_a - E'_a$ می‌توانیم نتیجه بگیریم که در واکنش‌های گرماگیر، E_a از ΔH بزرگ‌تر است.

۵۹-گزینه‌ی ۴ مقایسه‌ی سرعت انجام واکنش رفت چند واکنش مختلف تنها با دانستن انرژی فعالسازي واکنش رفت (E_a) هر

واکنش امکان‌پذیر است. در جدول داده شده، E_a واکنش‌ها مشخص نشده است، بنابراین نمی‌توانیم سرعت واکنش رفت آن‌ها را با هم مقایسه کنیم. نکته‌ی دیگر پرسش این است که از روی ΔH یا E'_a یک واکنش، نمی‌توانیم E_a آن را محاسبه کنیم.

۶۰- گزینه‌ی ۲ تفاوت سطح انرژی پیچیده‌ی فعال با سطح انرژی فراورده‌ها، انرژی فعالسازی واکنش برگشت (E'_a) است. همچنین با توجه به این که سطح انرژی فراورده‌ها به اندازه‌ی ۴۲ کیلوژول از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها بالاتر می‌باشد، بنابراین واکنش گرماگیر بوده و ΔH واکنش رفت برابر $+۴۲\text{kJ}$ است.

$$\left. \begin{array}{l} E'_a = 73\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \\ \Delta H_{\text{Sln}} = +42\text{kJ} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta H_{\text{Sln}} = E_a - E'_a \Rightarrow E_a = \Delta H_{\text{Sln}} + E'_a = +42 + 73 = 115\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

ΔH واکنش برگشت، فرینه‌ی ΔH واکنش رفت بوده و برابر -۴۲kJ است.

۶۱- گزینه‌ی ۱ می‌توانیم با استفاده از $\Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ ‌های داده شده، ΔH° واکنش را تعیین کنیم.

$\Delta H^\circ_{\text{y}} = (\text{مجموع آنتالپی تشکیل واکنش‌دهنده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی تشکیل فراورده‌ها})$

$$= [2 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{CO}_2(\text{g}))] - [2 \times \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{CO}(\text{g})) + \Delta H^\circ_{\text{f}}(\text{O}_2(\text{g}))] = [2 \times (-394)] - [2 \times (-111) + (0)] = -566\text{kJ}$$

اکنون با استفاده از رابطه‌ی $\Delta H = E_a - E'_a$ ، انرژی فعالسازی واکنش رفت (E_a) را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H = E_a - E'_a \Rightarrow -566 = E_a - 600 \Rightarrow E_a = 34\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

۶۲- گزینه‌ی ۲ از این که انرژی فعالسازی واکنش رفت به اندازه‌ی $20\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ از انرژی فعالسازی واکنش برگشت بیش‌تر است، می‌توانیم نتیجه بگیریم که واکنش داده شده گرماگیر و ΔH آن برابر $+20\text{kJ}$ است. حال می‌توانیم از رابطه‌ی زیر استفاده کنیم:

$$\Delta H^\circ_{\text{y}} = (\text{مجموع آنتالپی استاندارد تشکیل واکنش‌دهنده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی استاندارد تشکیل فراورده‌ها}) > 0$$

\Rightarrow (مجموع آنتالپی استاندارد تشکیل واکنش‌دهنده‌ها) > (مجموع آنتالپی استاندارد تشکیل فراورده‌ها)

گزینه‌ی (۱): در اثر انجام واکنش رفت، ۳ مول گاز (واکنش‌دهنده‌ها) به ۲ مول گاز (فراورده‌ها) تبدیل شده است، بنابراین تعداد مول‌های گازی کاهش یافته و واکنش رفت با کاهش بی‌نظمی (آنتروپی) همراه است. ($\Delta S < 0$)

گزینه‌ی (۳): انرژی فعالسازی واکنش رفت از انرژی فعالسازی واکنش برگشت بیش‌تر است، بنابراین سرعت واکنش رفت از سرعت واکنش برگشت کم‌تر می‌باشد.

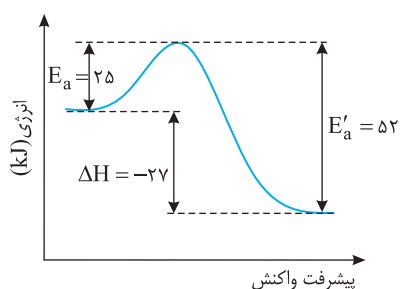
گزینه‌ی (۴): همواره آنتالپی پیچیده‌ی فعال از آنتالپی فراورده‌ها بالاتر است، بنابراین در همه‌ی واکنش‌ها، تبدیل فراورده‌ها به پیچیده‌ی فعال با افزایش سطح انرژی همراه می‌باشد.

۶۳- گزینه‌ی ۱ در اثر انجام واکنش رفت، تعداد مول‌های گازی از ۳ مول به ۱ مول کاهش یافته است. بنابراین واکنش رفت در جهت کاهش بی‌نظمی ($\Delta S_{\text{Sln}} < 0$) است. ΔS منفی یک عامل نامساعد برای واکنش رفت به شمار می‌آید. اگر از فصل دوم شیمی (۳) به یاد داشته

باشید، برای این که واکنشی در همه‌ی دماها غیر خود به خودی باشد، باید هر دو عامل ΔH و ΔS برای آن نامساعد باشند، یعنی $\Delta H > 0$ و $\Delta S < 0$. در این واکنش $\Delta S_{\text{Sln}} < 0$ است، پس باید $\Delta H_{\text{Sln}} > 0$ باشد تا در همه‌ی دماها به طور خود به خودی انجام نشود. با استفاده از این

شرط می‌توانیم محدوده‌ی E_a را تعیین کنیم.

$$\Delta H > 0 \Rightarrow E_a - E'_a > 0 \Rightarrow E_a > E'_a \Rightarrow E_a > 62\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$



۶۴- گزینه‌ی ۳ E_a ، ΔH و E'_a در نمودار روبه‌رو نشان داده شده‌اند.

$$\Delta H = E_a - E'_a \Rightarrow E_a = \Delta H + E'_a = -27 + 52 = 25\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

ΔH واکنش برگشت، فرینه‌ی ΔH واکنش رفت است.

$$\Delta H_{\text{S-z-oll}} = -\Delta H_{\text{Sln}} = -(-27) = +27\text{kJ}$$

۶۵- گزینه‌ی ۴ در نمودار داده شده، سطح انرژی فراورده‌ها بالاتر از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها است، بنابراین واکنش گرماگیر و ΔH آن مثبت است.

$$\Delta H = E_a - E'_a = 79 - 38 = +41\text{kJ}$$

۶۶- گزینه‌ی ۲ انرژی فعالسازی واکنش رفت ($E_a = 14\text{kJ}$) از انرژی فعالسازی واکنش برگشت ($E'_a = 29\text{kJ}$) کم‌تر است، بنابراین

در واکنش رفت، سطح انرژی فراورده‌ها از سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها پایین‌تر و در نتیجه، واکنش رفت گرماده است. ΔH واکنش برگشت، فرینه‌ی ΔH واکنش رفت است، پس واکنش برگشت گرماگیر بوده و در اثر انجام آن گرما از محیط گرفته می‌شود.

$$\Delta H_{\text{Sln}} = E_a - E'_a = 14 - 29 = -15\text{kJ} \Rightarrow \Delta H_{\text{S-z-oll}} = -\Delta H_{\text{Sln}} = -(-15) = +15\text{kJ}$$