



КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АЛЬ-ФАРАБИ

Факультет химии и химической технологии



ОБЩАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

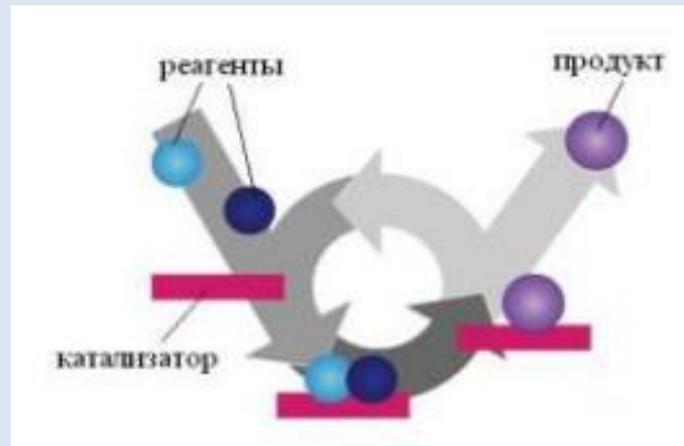
Лектор: к.х.н., старший преподаватель
Василина Гулзира
Кажмуратовна

Лекция 8. Каталитические процессы

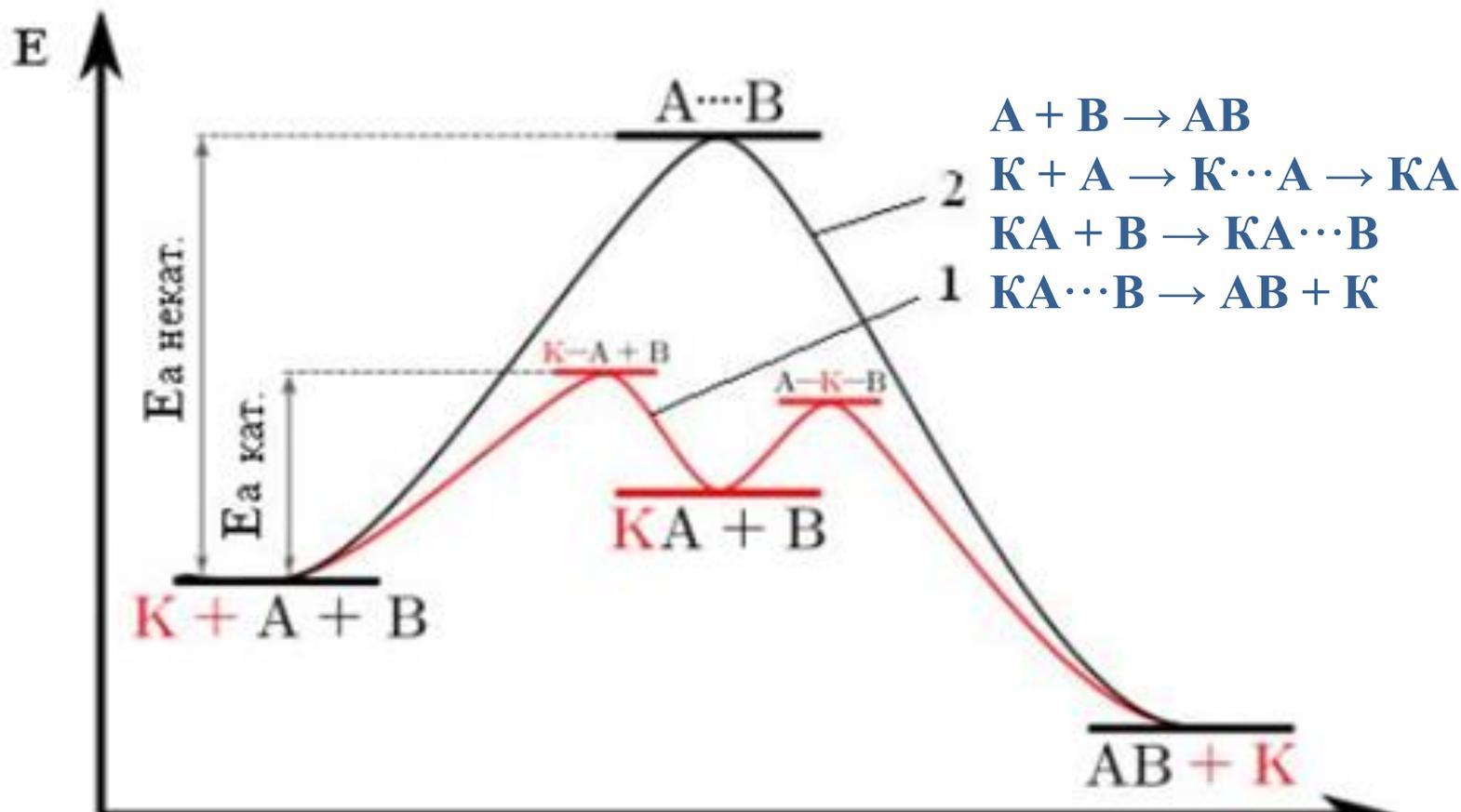
Катализатор - вещество, изменяющее скорость химической реакции, и остающееся к концу реакции неизменным.

Каталитические процессы подразделяются на:

- **гомогенные**, в которых реагирующие вещества и катализатор составляют одну фазу;
- **гетерогенные**, в которых реагирующие вещества и катализатор находятся в разных фазах;
- **микроретерогенные**, протекающие в жидкой фазе с участием катализаторов в коллоидном состоянии;
- **ферментативные**, протекающие в биологических системах под воздействием ферментов.



Механизм действия катализатора

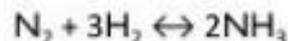


Энергия активации некаталитических и каталитических реакций

- ▶ Катализатор не влияет ни на тепловой эффект реакции, ни на энергию Гиббса, ни на константу равновесия, он лишь ускоряет достижение равновесия при данной температуре.
- ▶ Одну и ту же реакцию разные катализаторы ускоряют по-разному:

$2\text{HI} \rightarrow \text{H}_2 + \text{I}_2$	E_a , кДж/моль
Без катализатора	186
Катализатор Au	105
Катализатор Ag	59

- ▶ Некоторые химические реакции без катализаторов практически неосуществимы из-за слишком большой энергии активации. Например, энергия активации реакции синтеза аммиака



составляет 280 кДж/моль. Для преодоления такого высокого энергетического барьера реагенты необходимо было бы нагреть до температур выше 1000°C. Но даже при таких температурах и высоких давлениях равновесная степень превращения очень мала.

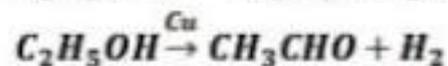
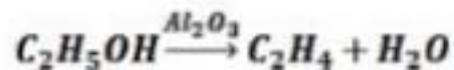
- ▶ На практике процесс проводят в присутствии железного катализатора. Энергия активации снижается до 160 кДж/моль, и процесс протекает с достаточно высокой скоростью при температурах 400-500°C.

Специфичность катализаторов

- ▶ Всем катализаторам в той или иной степени свойственна специфичность
- ▶ Специфичность каталитического действия заключается в том, что реакции данного типа ускоряются катализаторами определённого химического состава
- ▶ Кисотно-основные реакции ускоряются кислотами или основаниями
- ▶ Окислительно-восстановительные реакции ускоряются переходными металлами и их соединениями

Общие закономерности каталитических реакций

1. Катализатор не влияет на положение термодинамического равновесия, а только ускоряет наступление равновесия. Он не входит в состав исходных веществ и продуктов реакции и не может оказать влияние на изменение энергии Гиббса реакции. Следовательно, катализатор не может вызвать протекание реакций, для которых $\Delta G > 0$, а может увеличить скорость реакции в том случае, если $\Delta G < 0$
2. Катализатор принимает участие в химической реакции. Действие катализатора заключается в том, что он образует с реагирующими веществами промежуточный комплекс, который затем разрушается с образованием продуктов реакции, а сам катализатор освобождается и переходит в исходное состояние
3. Скорость каталитической реакции пропорциональна концентрации катализатора в гомогенном катализе или площади поверхности катализатора в гетерогенном катализе
4. Основной причиной увеличения скорости в результате катализа является значительное уменьшение энергии активации реакции
5. Катализатор по своему действию селективен, т.е. избирателен. Он увеличивает скорость преимущественно одной из возможных реакций и не влияет заметно на скорость других реакций:



Основные стадии гетерогенно-каталитических процессов

1 стадия. Диффузия газообразного реагента из основного потока к внешней поверхности зерна катализатора через газовую плёнку, в которой концентрация реагента ниже, а концентрация продукта выше, чем в основном потоке. Это *стадия внешней диффузии*.

2 стадия. Основная часть молекул газообразного реагента диффузирует внутри пор катализатора – стадия внутренней диффузии. Скорость диффузии молекул через пористую стенку значительно меньше скорости их поступательного движения.

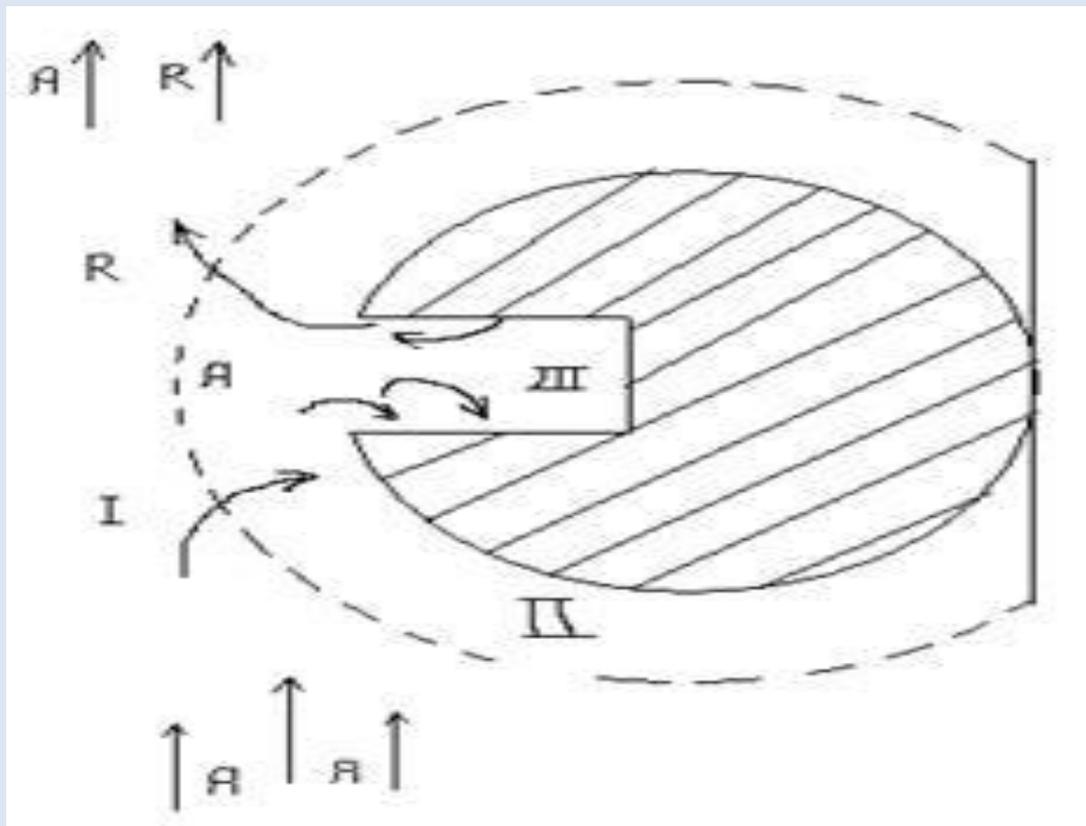
3 стадия. Молекулы реагента адсорбируются на поверхности катализатора – *адсорбция*. Катализатор – сорбент, газ – сорбат.

4 стадия. *Поверхностная химическая реакция*, которая заключается либо в перегруппировке активированного комплекса, либо во взаимодействии одного адсорбированного реагента с молекулами другого реагента. В результате поверхностной реакции образуется адсорбированный продукт.

5 стадия. Процесс десорбции продукта с поверхности катализатора.

6 стадия. Десорбированные газообразные продукты диффузируют из пор к внешней поверхности катализатора – *обратная внутренняя диффузия*

7 стадия. Газообразные продукты *диффузируют от поверхности катализатора* в газовый поток через пограничную плёнку, окружающую зерно катализатора – *внешняя диффузия*.



Схематическое изображение участка зерна катализатора:

I – поток газа, обтекающий зерно катализатора II – пограничная газовая плёнка III – пора внутри катализатора R – продукт реакции, A – исходный реагент

Свойства твёрдых катализаторов

Промышленные твёрдые катализаторы представляют собой сложную смесь, которая называется *контактной массой*.

Контактная масса состоит из трёх основных компонентов: собственно катализатора, промоторов и носителя.

Катализатор (каталитически активное вещество) – вещество, ускоряющее химическую реакцию; чаще всего это металлы или оксиды металлов.

Промóторы или активаторы – это вещества, повышающие активность катализатора.

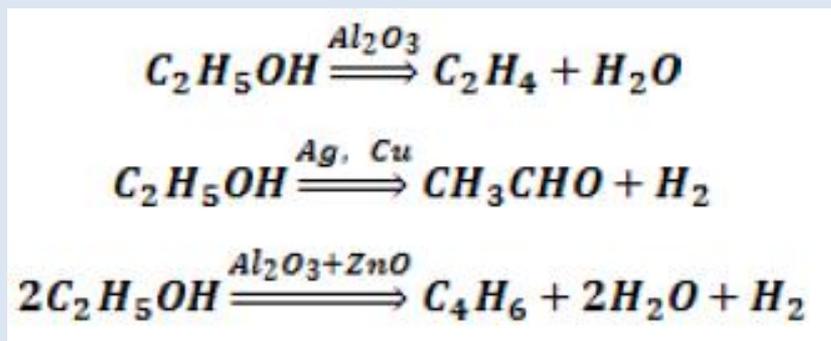
Носитель или трегер – пористое инертное вещество, на которое наносят каталитически активное вещество и промотор.активностью.



Активность катализатора – это мера ускоряющего действия на данную реакцию. Активность катализатора можно определить как отношение констант скорости каталитической и некаталитической реакций:

$$A = \frac{k^{КТ}}{k} = \frac{k_0^{КТ} \exp(-E'/RT)}{k_0 \exp(-E/RT)}$$

Селективность (избирательность) катализатора – это свойство катализатора ускорять одну целевую реакцию из нескольких возможных.



- **Температура зажигания** – это минимальная температура, при которой катализатор имеет достаточную активность.
- **Термостойкость** – это устойчивость катализатора к действию высоких температур; его способность не спекаться и не разрушаться при высоких температурах.
- **Механическая прочность** – это способность катализатора не разрушаться при загрузке, выгрузке, транспортировке и т.п.
- Катализатор должен быть стойким к действию контактных ядов.
- Средний срок службы катализаторов составляет 3-5 лет.
- Катализатор должен иметь пористую структуру.

Отравление катализатора

частичная или полная потеря его активности под воздействием незначительного количества некоторых веществ -*контактных ядов*.

Отравление катализатора может быть *обратимым*, когда контактные яды снижают активность катализатора временно, пока они находятся в зоне катализа, и *необратимым*, когда активность катализатора не восстанавливается после удаления контактных ядов из зоны катализа.

Контактные яды могут содержаться в реагентах, поступающих на каталитический процесс, а также образовываться в качестве побочных продуктов в самом процессе.

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!!!**