

# **ЕГЭ 2018**

## **Вопрос №20 (Б)**

**Скорость химической реакции, её зависимость от различных факторов.**

## **Вопрос №24 (П)**

**Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Смещение равновесия под действием различных факторов**

**Закономерности протекания  
химических реакций во времени, их  
механизм и скорость изучает  
специальный раздел химии -  
*химическая кинетика.***

Термин “скорость”  
в физике

$$V = \frac{S}{t}$$

**м/с**

Отношение пути ко времени  
прохождения пути  
(движение равномерное  
прямолинейное)



Термин “скорость”  
в химии

$$V = \pm \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} =$$
$$= \pm \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

**моль/л·с**

Изменение концентрации  
 $\Delta C$  исходного вещества  
или продукта реакции  
за единицу времени

***Под скоростью химической реакции понимают число элементарных взаимодействий, происходящих в единицу времени в единице объема системы (для гомогенных реакций) или на единице поверхности раздела фаз (для гетерогенных реакций).***

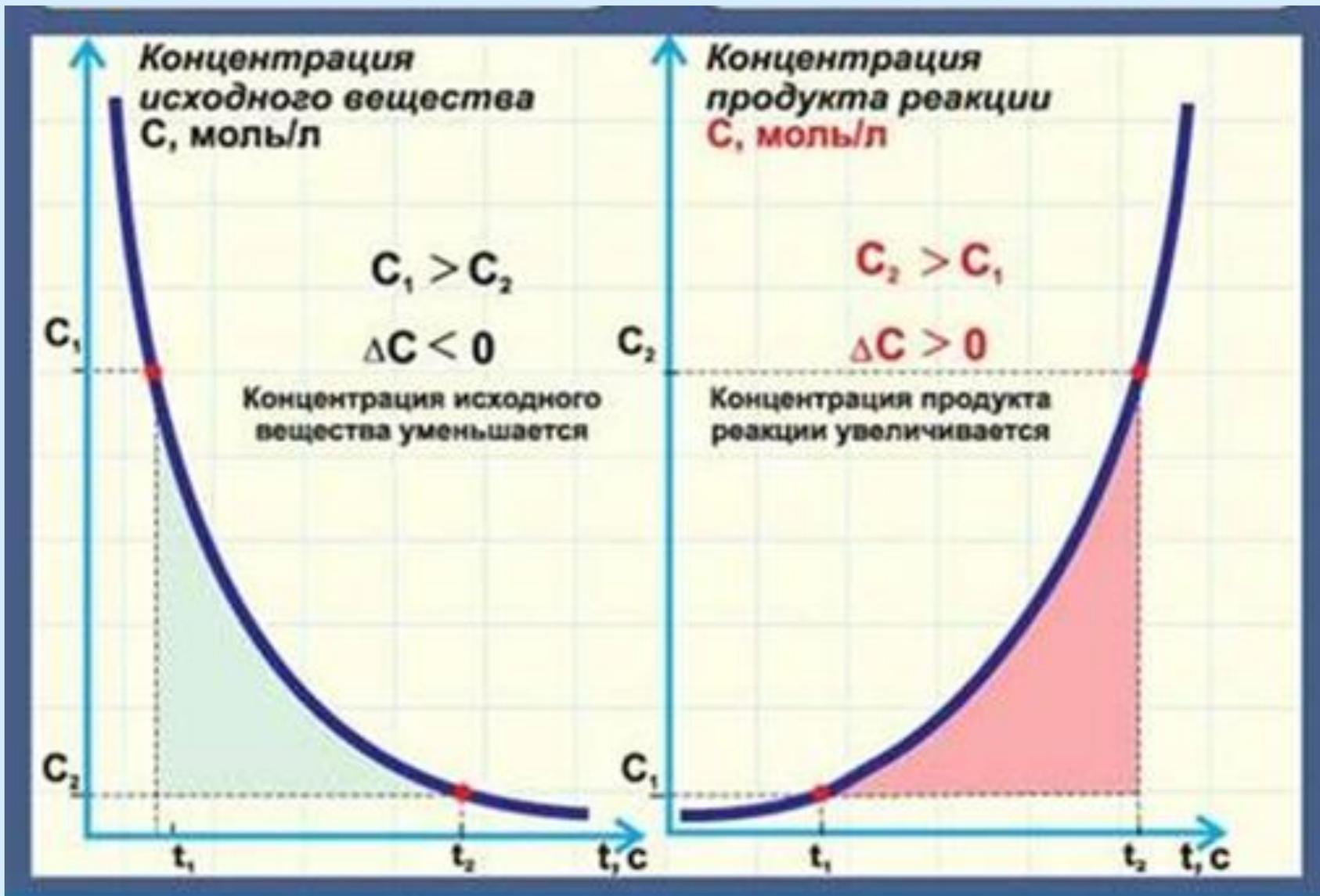
**Для гомогенных реакций:**

$$V = \pm \frac{\Delta n(x)}{V \cdot \Delta \tau} = \pm \frac{\Delta C(x)}{\Delta \tau}$$

$$\Delta C = C_2 - C_1 \text{ [моль/л]}$$

$$\Delta \tau = \tau_2 - \tau_1 \text{ [с; мин; ч]}$$

# Скорость - величина положительная.



# Химическая реакция



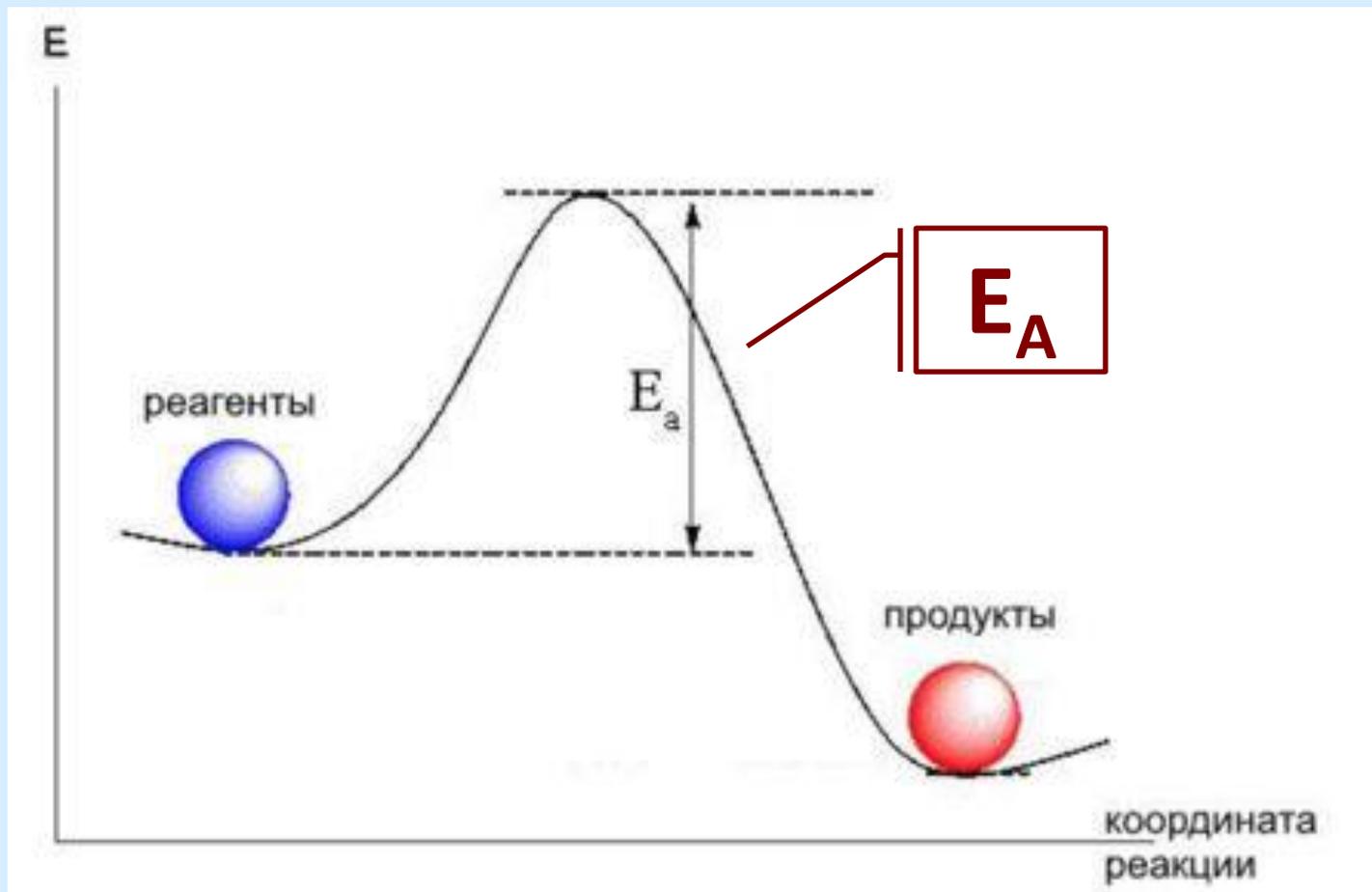
**Что необходимо молекулам А и В,  
чтобы образовалась молекула АВ?**

# ТЕОРИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ

реакции происходят при столкновении частиц реагентов, обладающих определённой энергией.

На пути всех частиц, вступающих в химическую реакцию, имеется энергетический барьер  
**ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ  $E_A$**

# Возможность протекания химических реакций



энергия активации  $E_A$

# Возможность протекания химических реакций

Эта энергия расходуется на преодоление сил отталкивания между внешними электронами атомов и молекул и на разрушение «старых» химических связей.

**Если энергия активации**

**$E_A > 120$  кДж/моль, скорость реакции мала**

**Если энергия активации**

**$E_A < 40$  кДж/моль, скорость реакции велика**

# Факторы, влияющие на скорость химической реакции

**природа реагирующих веществ**

**концентрация реагирующих веществ**

**температура**

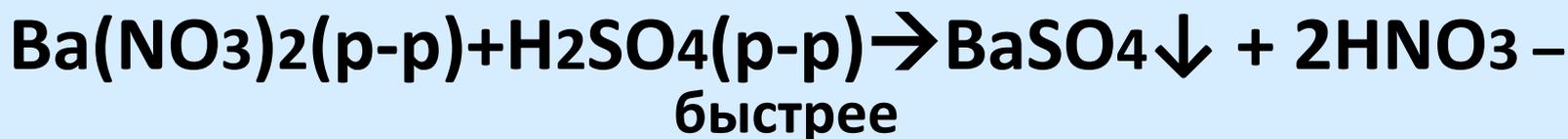
**площадь поверхности  
соприкосновения**

**катализатор, ингибитор**

# I. Влияние природы реагирующих веществ

- а) фазовое состояние веществ реагентов

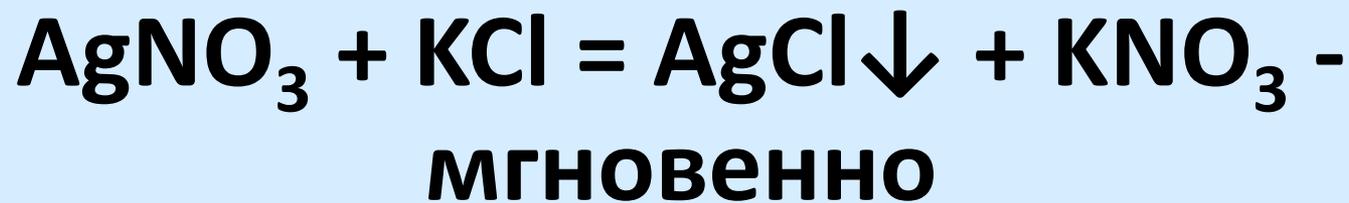
(гомогенные реакции идут быстрее гетерогенных)



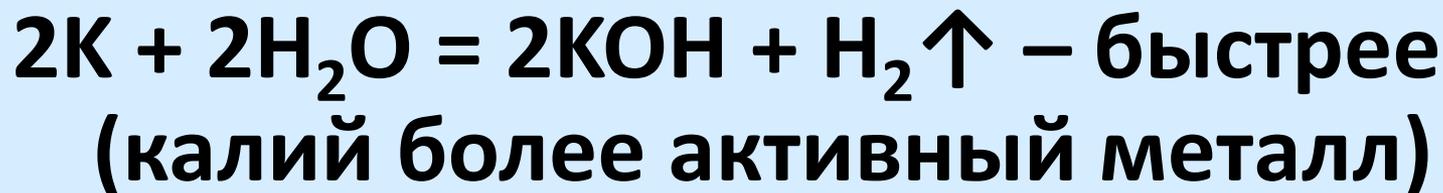
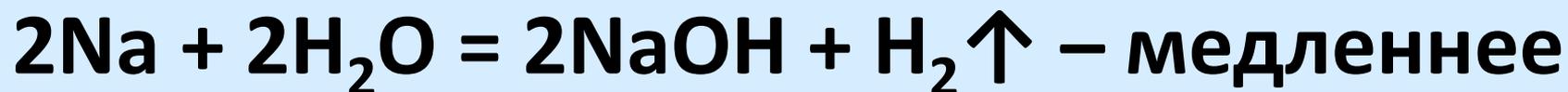
Особенно **быстро идет процесс** в сторону связывания ионов в нерастворимый, газообразный продукт или слабый электролит при взаимодействии растворов сильных электролитов (реакция нейтрализации, осаждения).

## б) Характер связи в реагентах

Быстрее всего протекают реакции между веществами с ионной связью, медленнее – с ковалентной неполярной:



**в) Активность металла (строение атома)**



## II. Влияние концентрации на скорость реакции

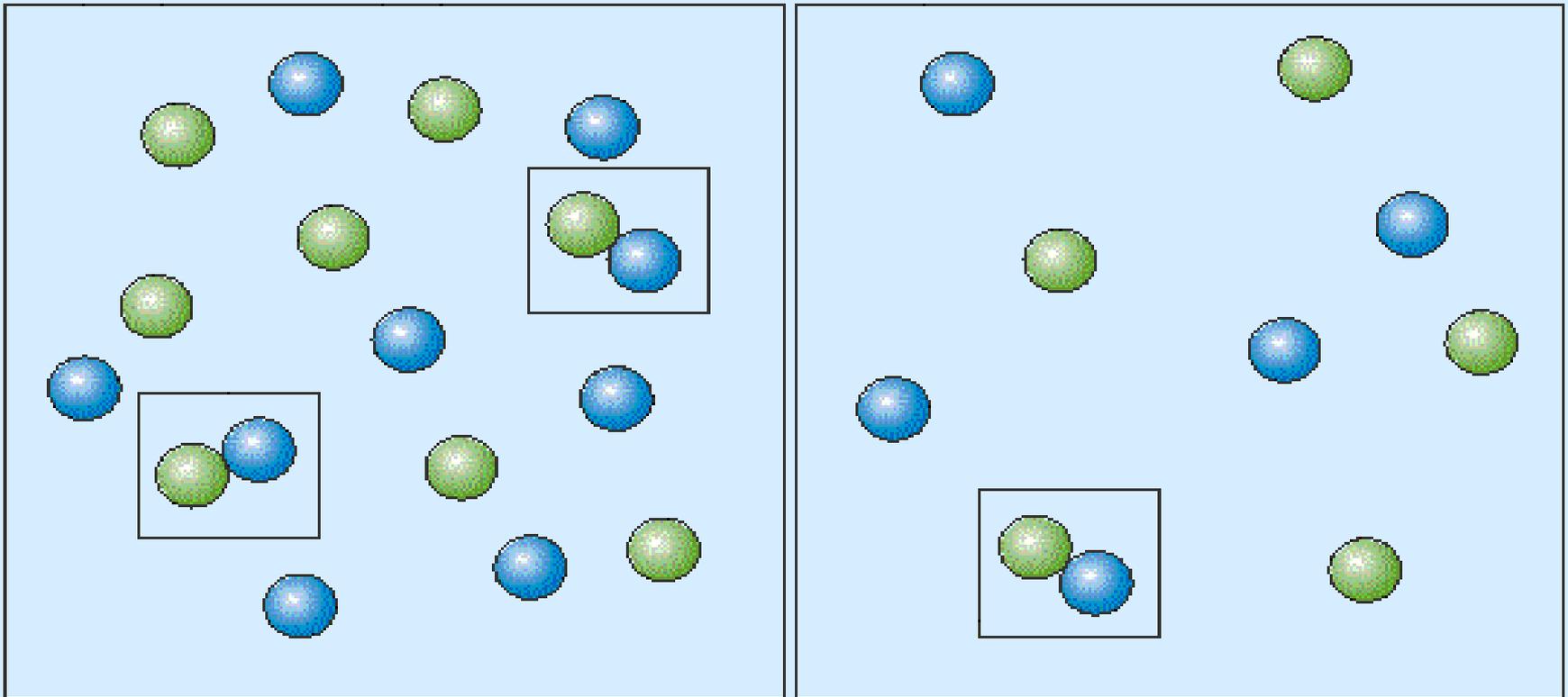
При измерении скоростей химических процессов используют **молярную концентрацию** веществ в реагирующих смесях.

Молярная концентрация вещества показывает, сколько молей его содержится в 1 литре раствора.

$$C = n/V \text{ (моль/л)}$$

Чем больше молярная концентрация реагирующих веществ, тем больше частиц в единице объёма, тем чаще они сталкиваются, тем выше (при прочих равных условиях) скорость химической реакции. Поэтому основным законом химической кинетики является **закон действующих масс**.

## Влияние концентрации на скорость реакции



*Чем выше число частиц\* (число молей) в единице объёма, тем чаще они сталкиваются, тем выше вероятность химической реакции.*

# Закон действующих масс

(Гульдберг, Вааге, Н.И. Бекетов)

Скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в степенях равных их стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции.

Для реакции:  $A+B=C$        $V_1 = k_1 C_A \cdot C_B$ ,

Для реакции:  $A+4B=D$        $V_2 = k_2 C_A \cdot C_B^4$ .

В этих формулах:  $C_A$  и  $C_B$  – концентрации веществ А и В (моль/л) жидкой и газовой фаз,  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты пропорциональности, называемые **константами скоростей реакции**.

$k$  – зависит от природы реагирующих веществ и от  $t$

Эти формулы также называют **кинетическими уравнениями**.

Закон не распространяется для веществ в твёрдом агрегатном

состоянии, так как в этом случае реакция идёт на их поверхности:



### III. Зависимость скорости реакции от температуры

При повышении температуры возрастает скорость движения частиц, а, следовательно, их кинетическая энергия.

**Правило Вант-Гоффа:** при изменении температуры на каждые  $10^{\circ}\text{C}$  скорость большинства реакций изменяется в 2 – 4 раза.

$$V_2 = V_1 \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

$\gamma$  – температурный коэффициент, который показывает, во сколько раз изменяется скорость реакции при изменении  $t$  на  $10^{\circ}\text{C}$

## IV. Площадь поверхности соприкосновения реагирующих веществ

- Для гетерогенных реакций скорость прямо пропорциональна площади поверхности соприкосновения реагирующих веществ.
- Твёрдое вещество необходимо измельчить, если возможно, растворить в воде (измельчить до молекул)
  - **Для гомогенных реакций:**  
$$V = n_1 - n_2 / V(t_2 - t_1) = \Delta n / V\Delta t$$
  - **Для гетерогенных реакций:**  
$$V = n_1 - n_2 / S(t_2 - t_1) = \Delta n / S\Delta t$$

# *Давление*

- Следует отметить, что скорость химической реакции между газами или гетерогенной реакции, в которой участвует газ, зависит и от давления, поскольку при увеличении давления газы сжимаются, и концентрация частиц увеличивается ( $C=n/V$ ).
- На скорость реакций, в которых газы не участвуют, изменение давления влияния не оказывает.

## V. Влияние катализатора на скорость химической реакции

Катализаторы - специфические вещества, которые влияют на скорость реакции, участвуют в реакции, но к концу реакции качественно и количественно сохраняются.

Действие катализатора  
сводится к

**снижению энергии активации** за счет образования промежуточных нестойких соединений, которые в дальнейшем распадаются на продукты реакции

# Химическая реакция



принцип действия катализатора



образование промежуточных  
неустойчивых соединений

**Катализ** - явление изменения скорости реакции в присутствии подобных веществ.

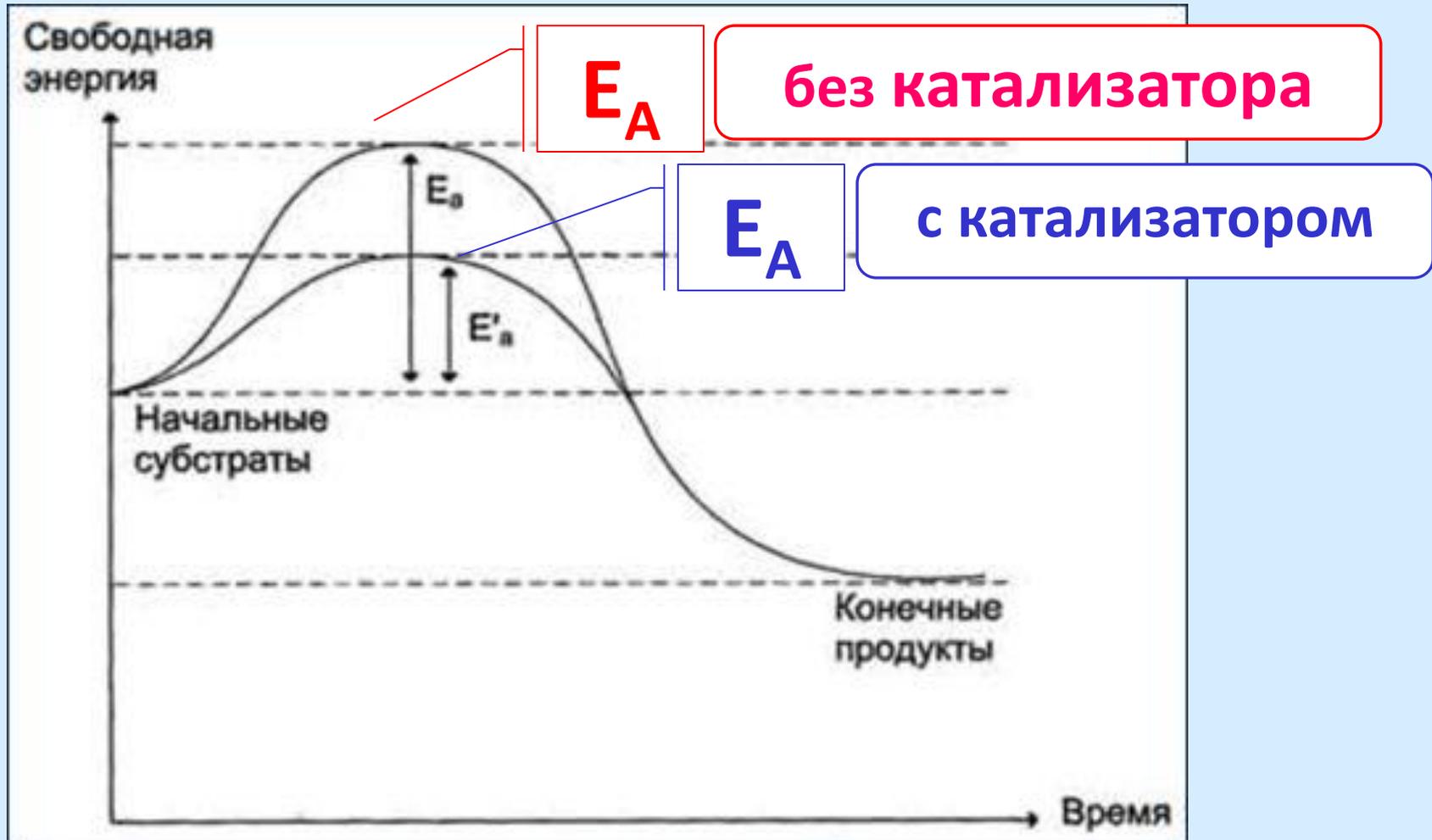


**Положительный катализ** - увеличение скорости реакции в присутствии катализатора.



**Отрицательный катализ** - снижение скорости реакции в присутствии ингибитора.

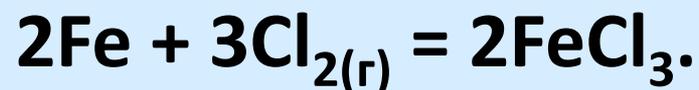
# Катализ



энергия активации:  $E_A < E_A$

# Тренировочные задания ЕГЭ

1) Из предложенного перечня внешних воздействий выберите два воздействия, которые приводят к увеличению скорости реакции



1. понижение давления
2. уменьшение концентрации  $\text{FeCl}_3$
3. охлаждение системы
4. повышение температуры
5. измельчение железа

Запишите номера выбранных внешних воздействий.

**Ответ:45**

# Тренировочные задания ЕГЭ

2) Из предложенного перечня внешних воздействий выберите два воздействия, которые приводят к замедлению реакции растворения магния в разбавленной серной кислоте.

1. увеличение концентрации кислоты
2. измельчение магния
3. разбавление кислоты
4. охлаждение
5. добавление магния

Запишите номера выбранных воздействий. **Ответ: 34**

# Тренировочные задания ЕГЭ

3) От повышения давления не зависит скорость реакции между

1. фосфором и кальцием
2. кислородом и сероводородом
3. алюминием и хлором
4. цинком и серной кислотой
5. сернистым ангидридом и кислородом

Запишите номера выбранных реакций.

**Ответ:14**

# Тренировочные задания ЕГЭ

4) Из предложенного перечня внешних воздействий выберите два воздействия, которые приводят к уменьшению скорости реакции

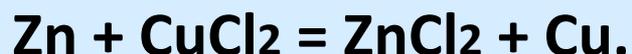


1. увеличение количества оксида железа(II)
2. уменьшение концентрации CO
3. уменьшение температуры
4. увеличение степени измельчения оксида железа(II)
5. повышение давления

Запишите номера выбранных воздействий. **Ответ: 23**

# Тренировочные задания ЕГЭ

5) Из предложенного перечня внешних воздействий выберите два воздействия, которые не оказывают влияния на скорость химической реакции

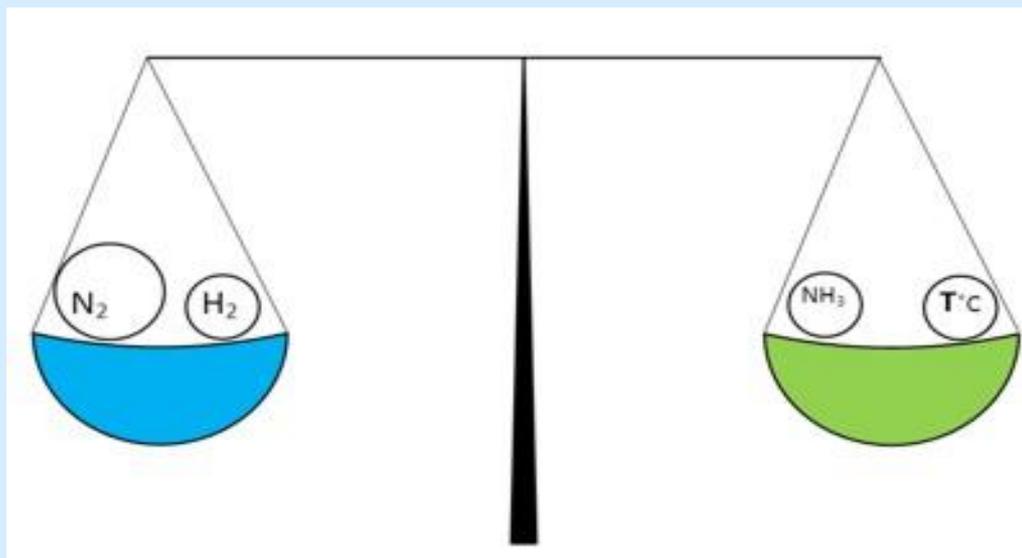


1. увеличение площади поверхности соприкосновения реагирующих веществ
2. повышение температуры
3. увеличение концентрации  $\text{CuCl}_2$  в растворе
4. увеличение концентрации хлорида цинка
5. добавление катализатора

Запишите номера выбранных воздействий.

**Ответ: 45**

*Химическое равновесие. Смещение*  
*химического равновесия .*  
*Принцип Ле-Шателье*



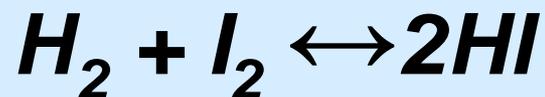
**Химические реакции можно разделить на две группы: необратимые и обратимые.**

**Необратимые реакции идут только в одном направлении и завершаются полным превращением исходных веществ в конечные продукты.**

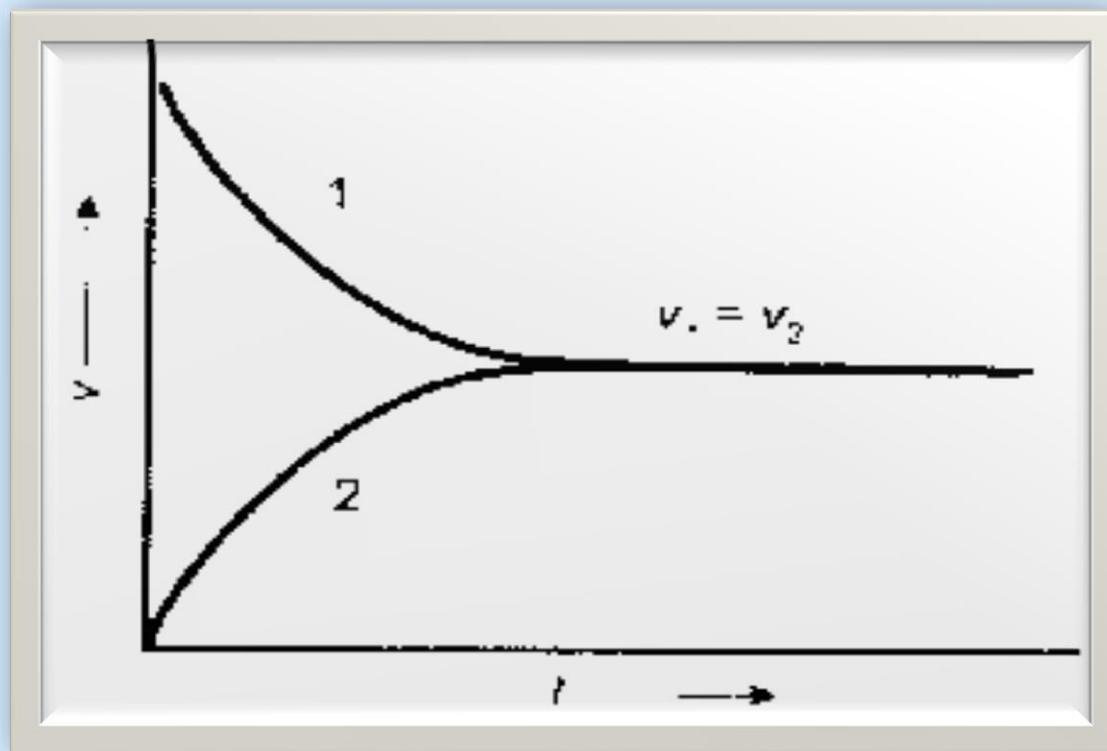
**Например,**



**Обратимые реакции одновременно протекают в двух взаимно противоположных направлениях. Например,**



**Химическое равновесие — это состояние системы, при котором скорость прямой реакции  $v_1$  равна скорости обратной реакции  $v_2$**



**В момент равновесия реакции учитываются равновесные концентрации веществ :**

$$V_1 = k_1 [A]^a \cdot [B]^b$$

$$V_2 = k_2 [C]^c \cdot [D]^d ,$$

**где [ ] – равновесные концентрации.**

**В момент равновесия скорость прямой реакции равна скорости обратной реакции**

$$V_1 = V_2$$

## Константа равновесия

*Запишем кинетические уравнения для обратимой реакции:*



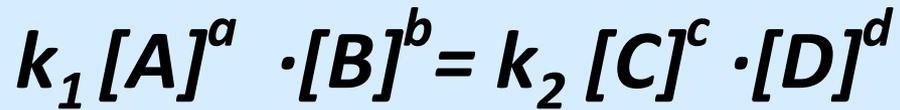
$$V_1 = k_1 C^a(A) \cdot C^b(B)$$

$$V_2 = k_2 C^c(C) \cdot C^d(D)$$

*$V_1$  – скорость прямой реакции*

*$V_2$  – скорость обратной реакции*

*$k_1, k_2$  – константы скорости реакции*



**Отношение констант**

$\frac{k_1}{k_2} = K$  - константа равновесия реакции

$$K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

**Константа равновесия характеризует состояние химического равновесия данной реакции.**

- ***Переход системы из одного состояния равновесия в другое называется смещением химического равновесия.***

- **Правило смещения химического равновесия  
(принцип Ле-Шателье 1884 год)**

***Если на систему, находящуюся в равновесии, производится какое-либо внешнее воздействие (изменяются концентрация, температура, давление), то это воздействие благоприятствует протеканию той из двух противоположных реакций, которая ослабляет произведенное воздействие.***

**Факторы, влияющие на смещение равновесия:**

***1. Концентрация – С***

***2. Температура – t***

***3. Давление – p ( для газов)***

# I. Влияние изменения концентрации веществ на смещение химического равновесия



а) **Увеличение** концентрации **исходных** веществ или **уменьшение** концентрации **продуктов** смещает равновесие

вправо  $\rightarrow [A]\uparrow; [B]\uparrow; [C]\downarrow; [D]\downarrow$

б) **Увеличение** концентрации **продуктов** реакции или **уменьшению** концентрации **исходных** веществ смещает равновесие

влево  $\leftarrow [C]\uparrow; [D]\uparrow; [A]\downarrow; [B]\downarrow$

При этом не учитывают вещества в твёрдом агрегатном состоянии

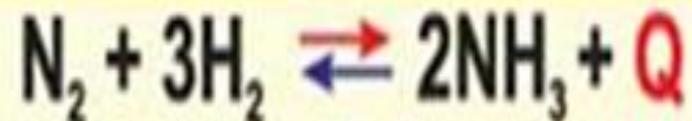
## II. Влияние изменения температуры на смещение химического равновесия

**Анализ производится с учетом теплового эффекта реакции ( $Q$ )**

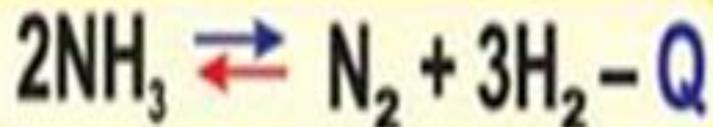
***а) Повышение температуры смещает равновесие в сторону эндотермической реакции ( $-Q$ )***

***б) Понижение температуры – в сторону экзотермической ( $+Q$ )***

## Температура Т



$+Q$  — экзотермический процесс



$-Q$  — эндотермический процесс

При повышении температуры равновесие смещается в сторону *эндотермического* процесса

### III. Влияние давления на химическое равновесие

**Имеет место только в случае участия в реакции газообразных веществ.**

**а) Увеличения давления смещает равновесие в сторону меньшего числа частиц газа (меньшего объема системы)**

**б) Уменьшение давления смещает равновесие в сторону большего числа частиц газа (большего объема системы)**

**в) В случае равного числа частиц газа слева и справа давление не оказывает влияния на смещение равновесия.**

## *IV. Влияние катализатора на химическое равновесие*

Катализатор одновременно равно увеличивает скорость прямой и обратной реакций и не влияет на смещение химического равновесия.

## *Смещение химического равновесия*

**Например: Чтобы сместить равновесие вправо в реакции синтеза аммиака:**



**т.е. увеличить выход аммиака необходимо:**

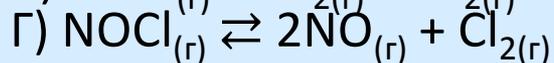
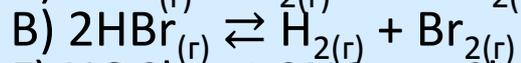
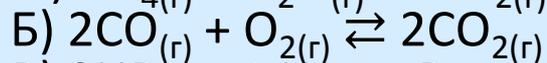
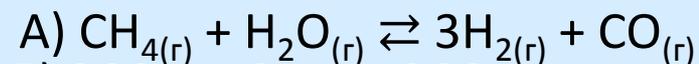
- 1) Повысить концентрацию  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2$ ;**
- 2) Понизить концентрацию  $\text{NH}_3$  – отводить продукт из сферы реакции.**
- 3) Понизить температуру, т.к. прямая реакция экзотермическая + Q**
- 4) Повысить давление, т.к. в ходе реакции уменьшается объем системы:**



# Тренировочные задания ЕГЭ

1) Установите соответствие между уравнением химической реакции и направлением смещения химического равновесия при уменьшении давления в системе: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

• УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ



• НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

- 1) смещается в сторону продуктов реакции
- 2) смещается в сторону исходных веществ
- 3) не происходит смещения равновесия

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами.

• Ответ: 1231

# Тренировочные задания ЕГЭ

2) Установите соответствие между оказываемым на систему



воздействием и направлением смещения положения равновесия: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

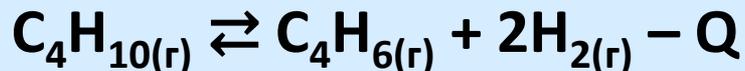
- УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ
- А) удаление углекислого газа  
Б) повышение давления  
В) нагревание  
Г) измельчение известняка
- НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ
- 1) смещается в сторону продуктов реакции  
2) смещается в сторону исходных веществ  
3) не происходит смещения равновесия

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами.

- **Ответ: 1213**

# Тренировочные задания ЕГЭ

3) Установите соответствие между способом воздействия на равновесную систему



- и направлением смещения химического равновесия в результате этого воздействия: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.
- СПОСОБ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СИСТЕМУ
- А) увеличение температуры  
Б) увеличение давления  
В) уменьшение концентрации водорода  
Г) добавление катализатора
- НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ
- 1) смещается в сторону продуктов реакции  
2) смещается в сторону исходных веществ  
3) не происходит смещения равновесия Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами.
- Ответ: 1213**

# Тренировочные задания ЕГЭ

4) Установите соответствие между уравнением реакции и направлением смещения положения химического равновесия при одновременном уменьшении давления и понижении температуры: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

- УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ

- А)  $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(\text{г})} - Q$
- Б)  $\text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})} + Q$
- В)  $\text{CO}_{2(\text{г})} + \text{C}_{(\text{тв.})} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(\text{г})} - Q$
- Г)  $\text{C}_{(\text{тв.})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(\text{г})} + Q$

- НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

- 1) смещается в сторону продуктов реакции
- 2) смещается в сторону исходных веществ
- 3) не происходит смещения равновесия

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами.

- **Ответ: 2121**

# Тренировочные задания ЕГЭ

5) Установите соответствие между воздействием, оказываемым на систему



- и направлением смещения положения химического равновесия: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.
- ОКАЗЫВАЕМОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ
  - А) повышение давления
  - Б) нагревание
  - В) использование катализатора
  - Г) увеличение количества угля
- НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ
  - 1) смещается в сторону продуктов реакции
  - 2) смещается в сторону исходных веществ
  - 3) не происходит смещения равновесия
- Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами.
- **Ответ: 2133**

**СПАСИБО ЗА ВАШЕ ВНИМАНИЕ!**