

Скорость химических реакций

- Раздел химии, посвященный изучению скорости химических реакций, называется химической кинетикой.



Процесс, во время которого на железе во влажном воздухе образуется ржавчина, длится в течение **нескольких лет** или даже **десятилетий**.

26

55.845

Fe

Iron

[Ar] 3d⁶4s²

Transition Metals



Железная
канцелярская
скрепка
растворяется в
соляной кислоте в
течение 15-20
минут.

26

55.845

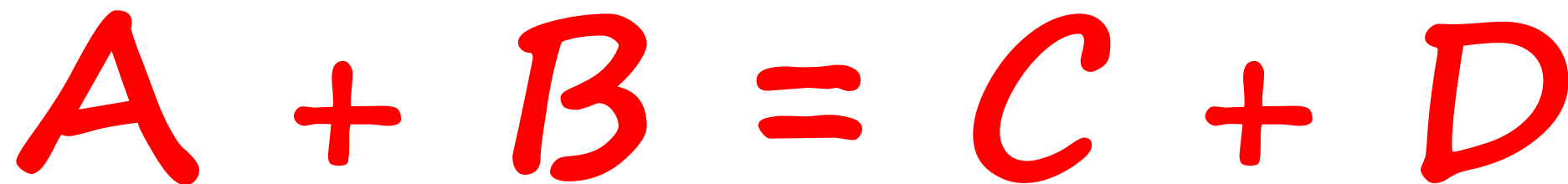
Fe

Iron

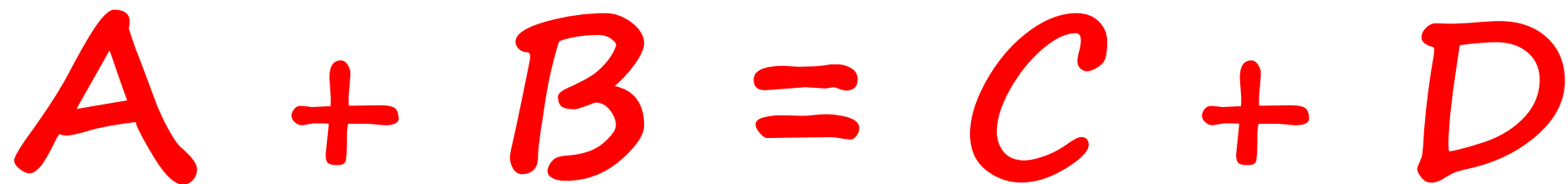
$[\text{Ar}] 3d^6 4s^2$

Transition Metals

Чем определяется
скорость химических
реакций?



- С течением времени химические количества исходных веществ $n(A)$ и $n(B)$ уменьшаются ↓
- А химические количества продуктов реакции $n(C)$ и $n(D)$ увеличиваются ↑
- Чем быстрее происходит это изменение, тем больше скорость химической реакции, и наоборот – чем медленнее изменяются количества веществ в ходе реакции, тем меньше ее скорость.



Для определения величины скорости химической реакции ν нужно знать изменение химического количества Δn какого-либо одного вещества (A, B, C или D), произошедшее за интервал времени Δt , и объеме сосуда V , в котором идет реакция.

Соотношение этих величин, записанное в виде дроби, является выражением скорости химической реакции в указанном интервале времени.


$$\vartheta = \frac{\Delta n}{V \cdot \Delta t}$$

$$v = \frac{\Delta n}{V \cdot \Delta t}$$

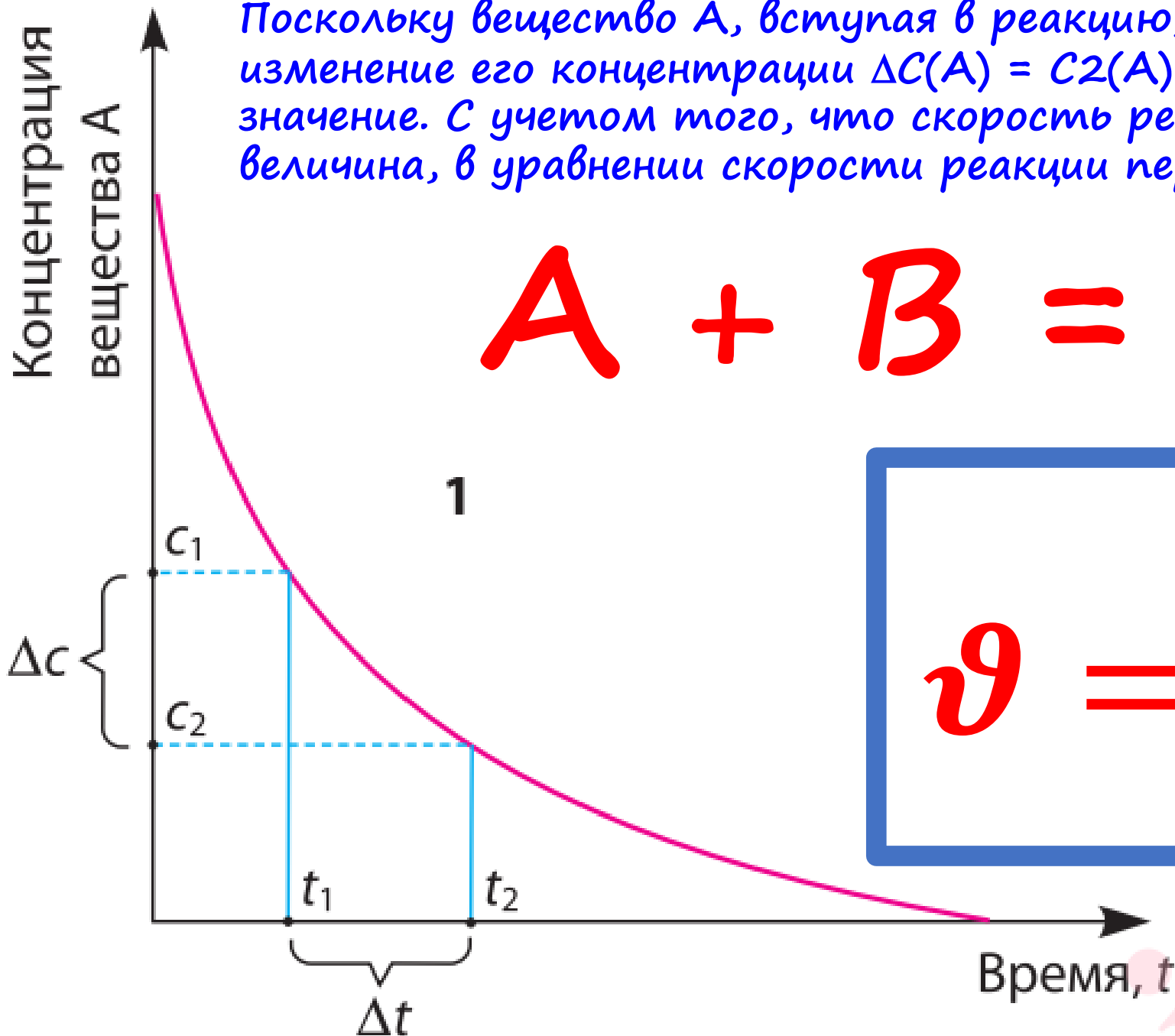
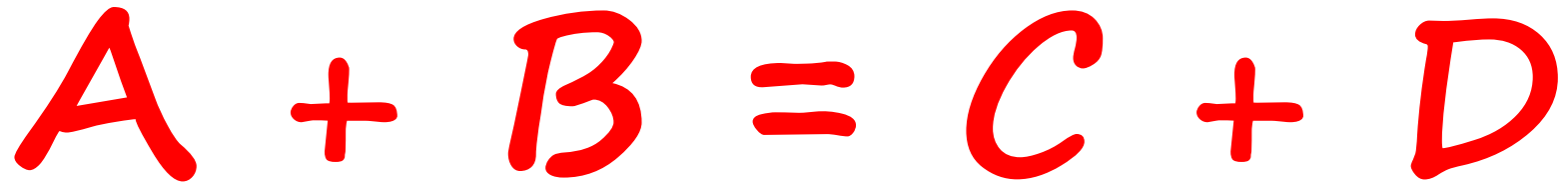
$$C = \frac{n(v - v_a)}{V}$$

$$C = \frac{\Delta n(v - v_a)}{V}$$

$$v = \mp \frac{\Delta C(v - v_a)}{\Delta t}, \left(\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{ДМ}^3 \cdot \text{С}} \right)$$

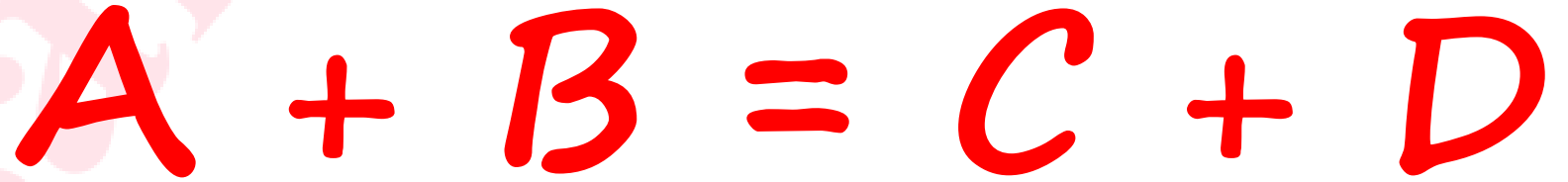
 Скорость химической реакции — величина, равная отношению изменения молярной концентрации вещества к интервалу времени, в течение которого произошло данное изменение.

Поскольку вещество А, вступая в реакцию, постепенно расходуется, изменение его концентрации $\Delta C(A) = C_2(A) - C_1(A)$ имеет отрицательное значение. С учетом того, что скорость реакции – только положительная величина, в уравнении скорости реакции перед дробью ставится знак «-».

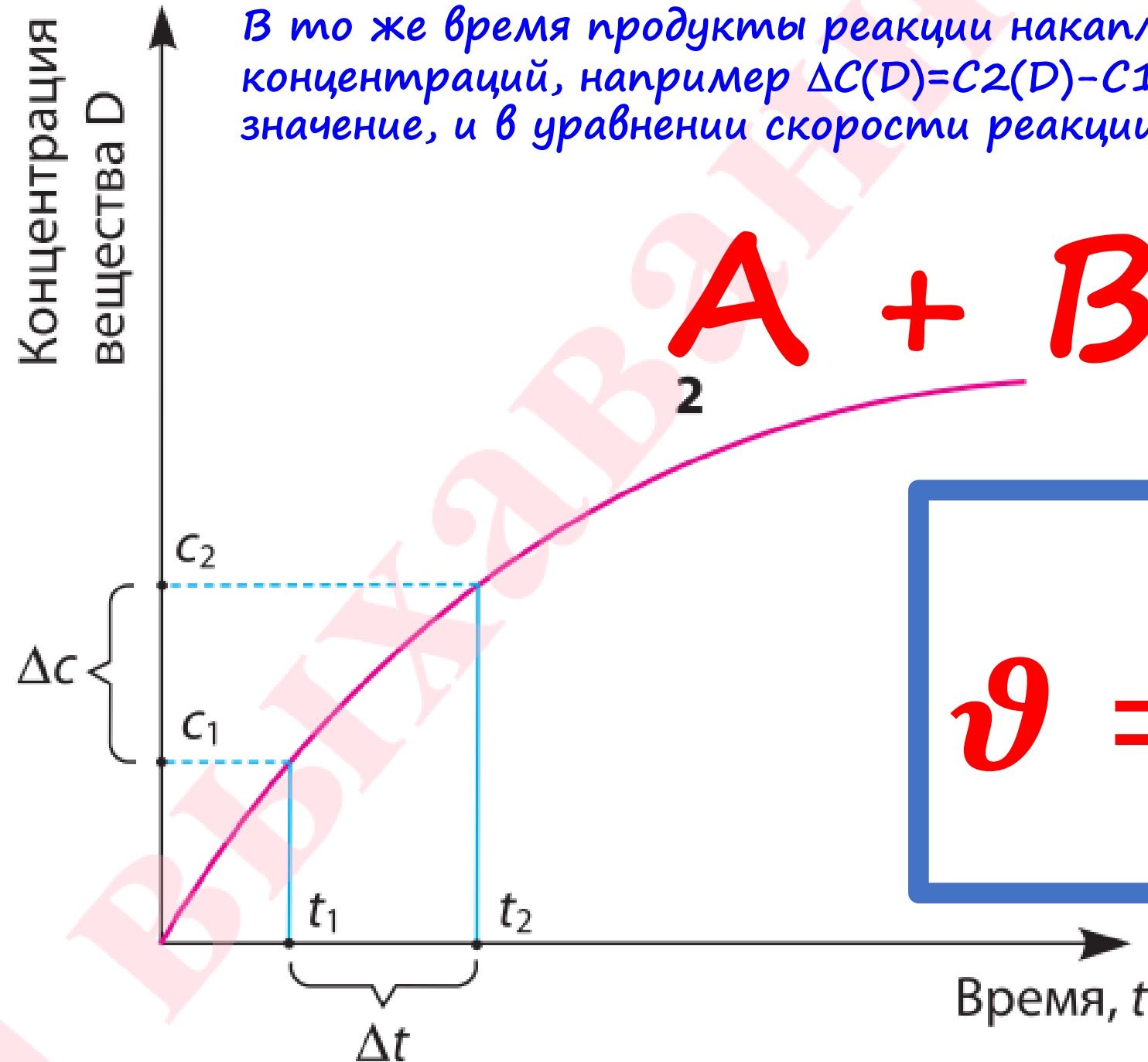


$$v = - \frac{\Delta C(A)}{\Delta t}$$

В то же время продукты реакции накапливаются, поэтому изменение их концентраций, например $\Delta C(D) = C_2(D) - C_1(D)$, имеет положительное значение, и в уравнении скорости реакции перед дробью ставится знак «+».



2



$$v = + \frac{\Delta C(D)}{\Delta t}$$

Скоростью гетерогенной реакции (ϑ гет) называется кол-во вещества (n), образующегося за единицу времени (t) на единице поверхности раздела фаз (S).

$$\vartheta = \frac{\Delta n}{S \cdot \Delta t} \quad \left(\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{М}^2 \cdot \text{С}} \right)$$

- Скорость реакции по мере ее протекания **уменьшается** и через некоторое время реакция **заканчивается**.

Скорость реакции

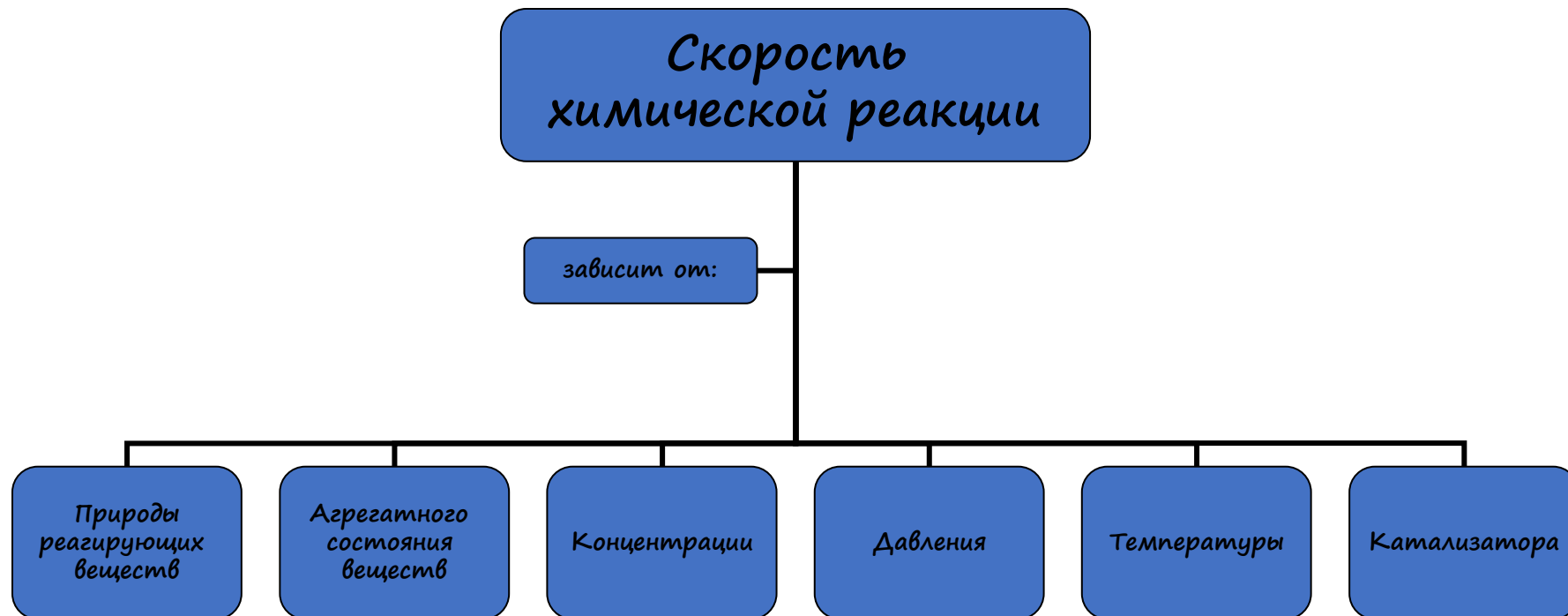


Время

Званин

Скорость химической реакции

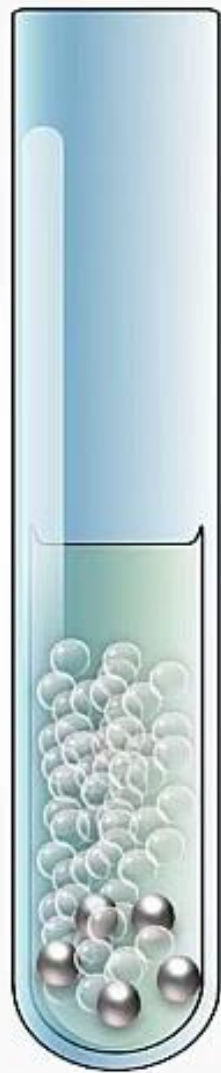
Скоростью химической реакции называется число элементарных актов реакции, происходящих в единицу времени, в единице объема (для гомогенных реакций) или на поверхности раздела фаз (для гетерогенных реакций).



Факторы,
влияющие на
скорость химических
реакций

1. Химическая природа реагирующего вещества

- Химическая природа различных веществ неодинакова, они обладают разными химическими свойствами, разной реакционной способностью.



Цинк
(Zn)

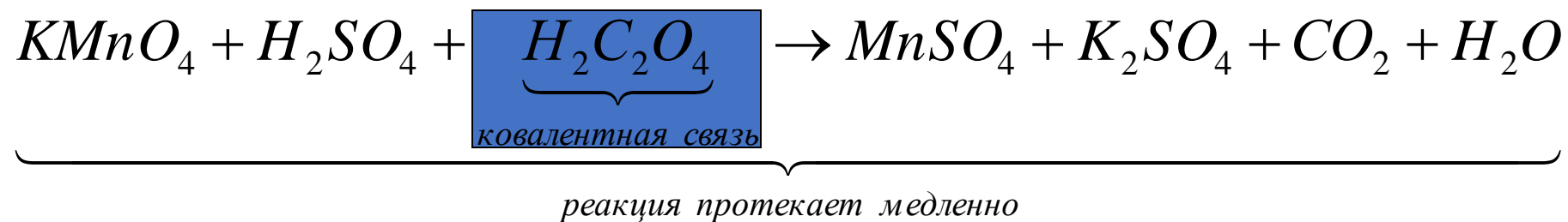
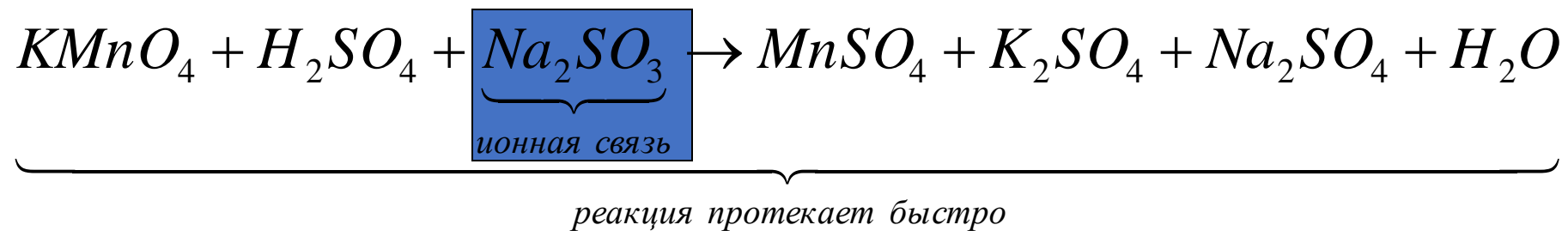


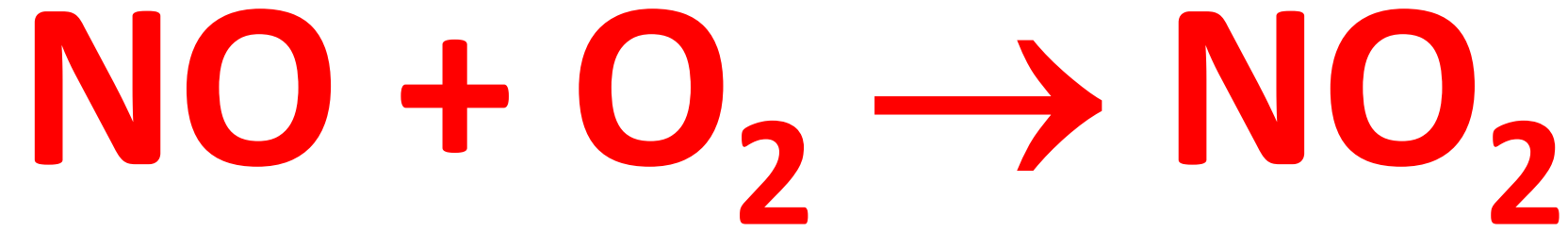
Железо
(Fe)



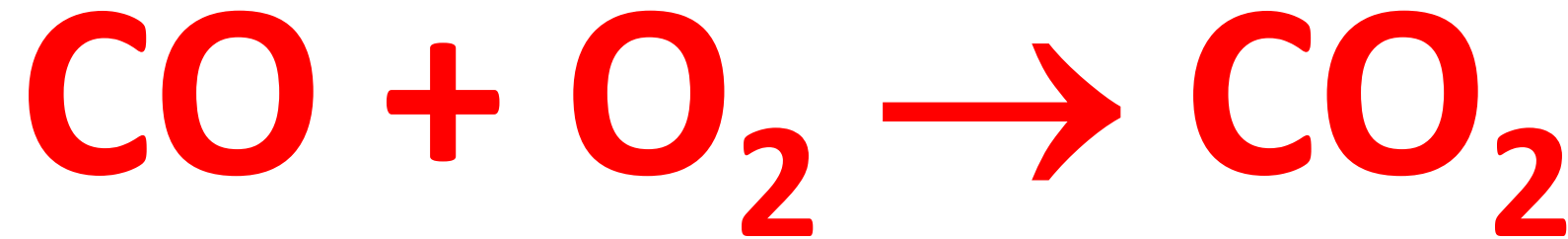
Медь
(Cu)

Реакции между ионами происходят быстро, реакции между молекулами с ковалентной связью происходят медленно.





- При комнатной температуре реагирует быстро



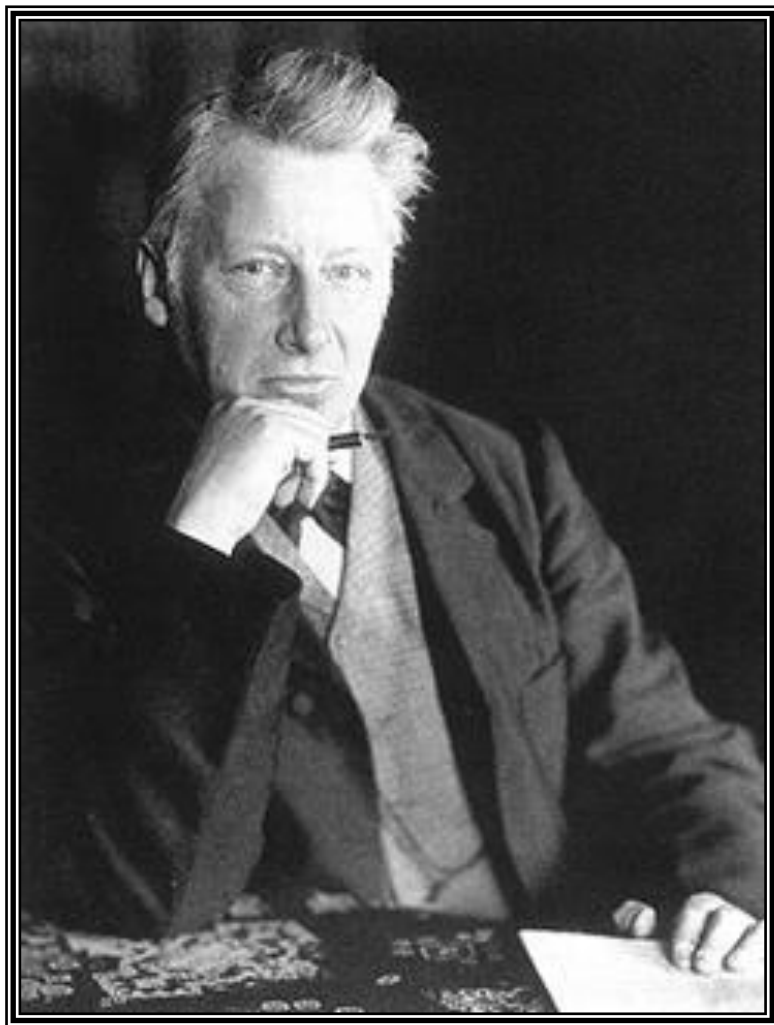
- Окисляется медленно

- Из огромного числа частиц (молекул CO и NO) в реакцию вступают лишь те, которые обладают необходимым для этого повышенным запасом энергии.
- Такие частицы называют активными.
- Чем больше доля активных частиц в веществе, тем выше скорость реакции с его участием, и наоборот.
- При комнатной температуре число активных молекул в NO намного больше, чем в CO. Именно поэтому NO окисляется кислородом намного быстрее, чем CO.

2. Температура

- Поскольку у разных реакций значения энергии активации сильно различаются, то и скорости этих реакций при одной и той же температуре всегда различны.
- Скорость химических реакций сильно зависит от температуры.
- При повышении температуры неактивные молекулы поглощают энергию, равную или большую энергии активации, и становятся активными. Так как число активных молекул возрастает, скорость реакции увеличивается.

При повышении температуры увеличивается скорость всех химических реакций.



Якоб Хендрик Вант-Гофф
(1852 - 1911) –
голландский химик



Закон Вант-Гоффа

При увеличении температуры на 10°C скорость химической реакции возрастает в 2-4 раза.

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

Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,5. Как изменится скорость этой реакции при повышении температуры от 60 до 110 °С?

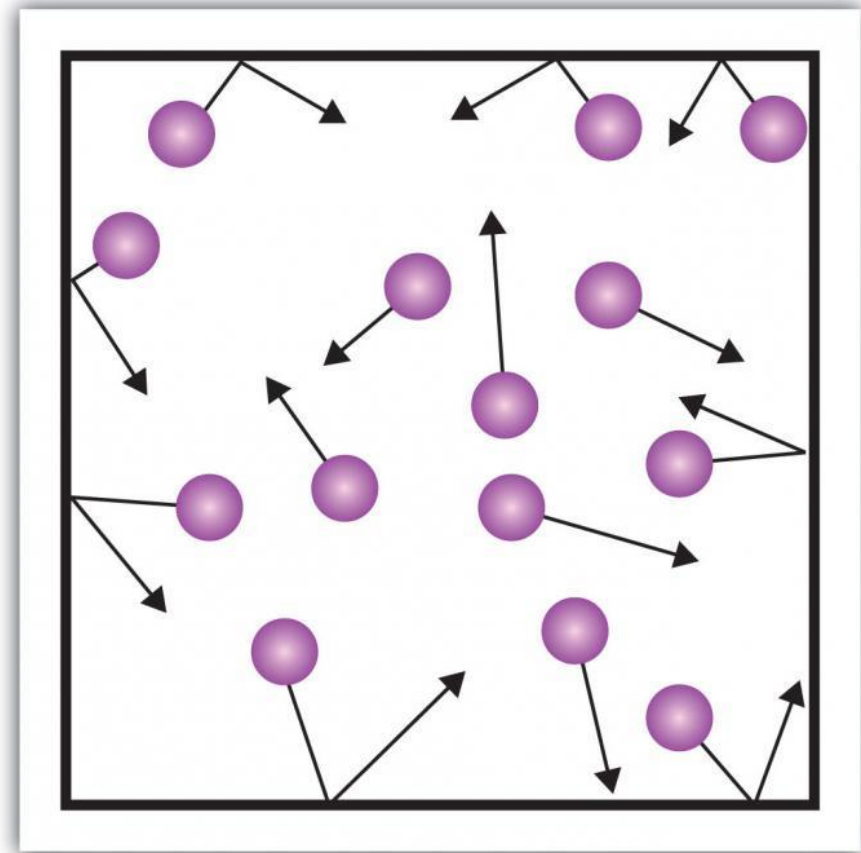
На сколько градусов следует повысить температуру системы, чтобы скорость протекающей в ней реакции возросла в 150 раз? Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,4.

Вычислить температурный коэффициент скорости реакции, если при повышении температуры на $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость реакции возросла в 20 раз.

Вычислить температурный коэффициент скорости реакции, если скорость ее при 60 °С составляет $4,8 \cdot 10^{-2}$ моль/(л·с), а при 20 °С – $2,4 \cdot 10^{-3}$ моль/(л·с).

Как изменится скорость химической реакции взаимодействия оксида углерода (II) с кислородом, если концентрацию оксида углерода (II) увеличить в три раза, а температуру смеси понизить на 30°C ? Температурный коэффициент равен 2.

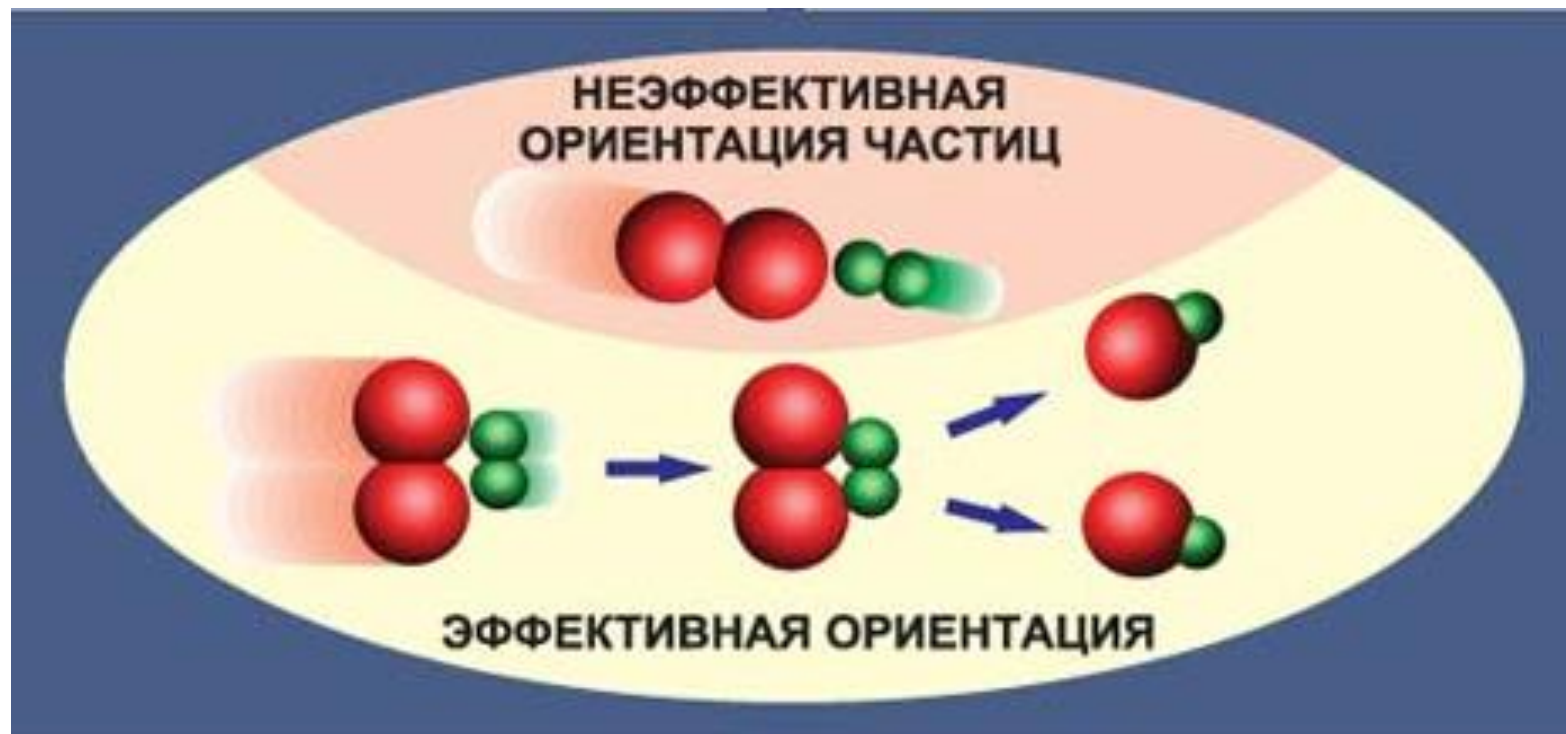
3. Концентрация реагирующих веществ



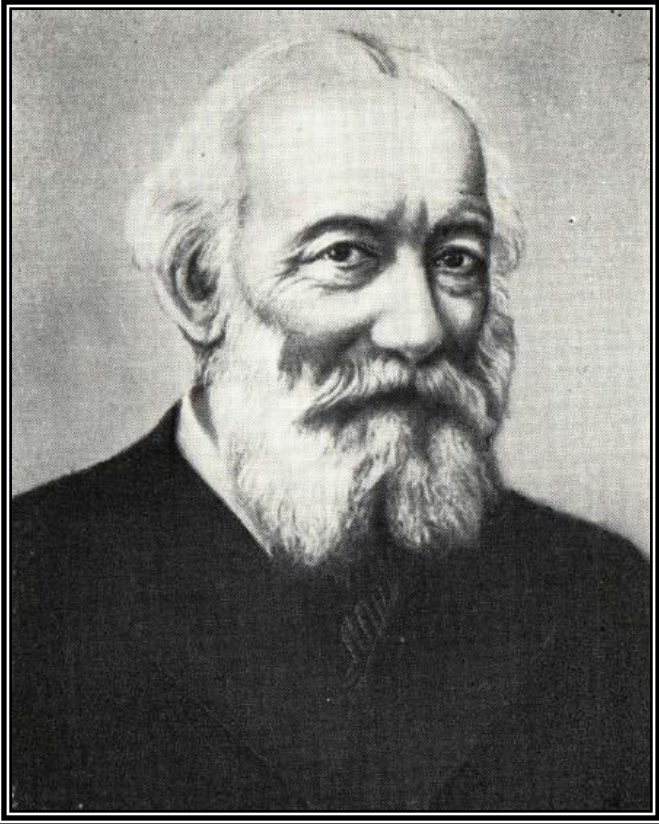
- Чем выше молярные концентрации исходных веществ в смеси, тем больше частиц содержится в ней и тем чаще эти частицы сталкиваются между собой, что приводит к увеличению скорости реакции.
- При уменьшении молярных концентраций реагентов число сталкивающихся частиц становится меньше и скорость их взаимодействия понижается.

Зависимость скорости химической реакции от концентрации объясняет **теория столкновения молекул**:

1. Молекулы должны столкнуться.
2. Молекулы должны столкнуться определенным образом.
3. Количество столкновений и следовательно скорость химической реакции зависит от числа частиц т.е. от концентрации.



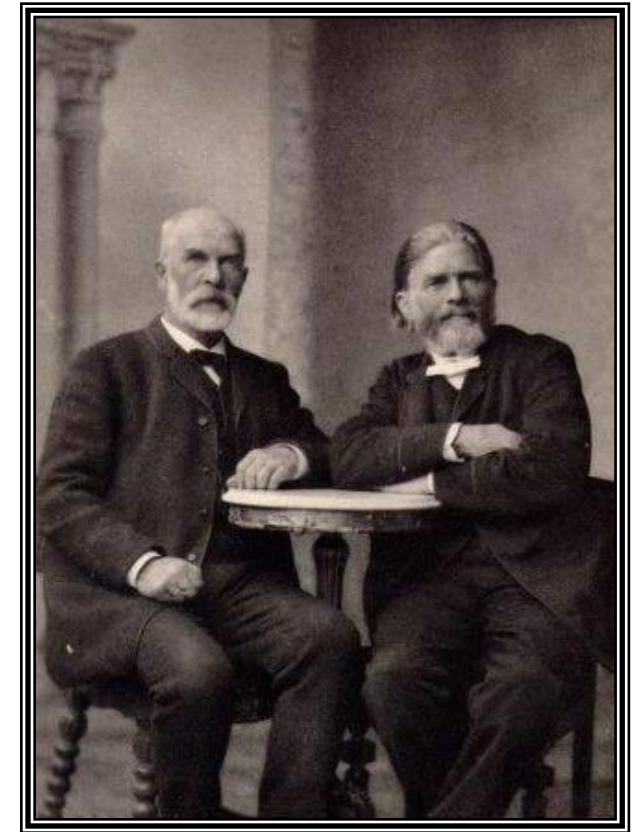
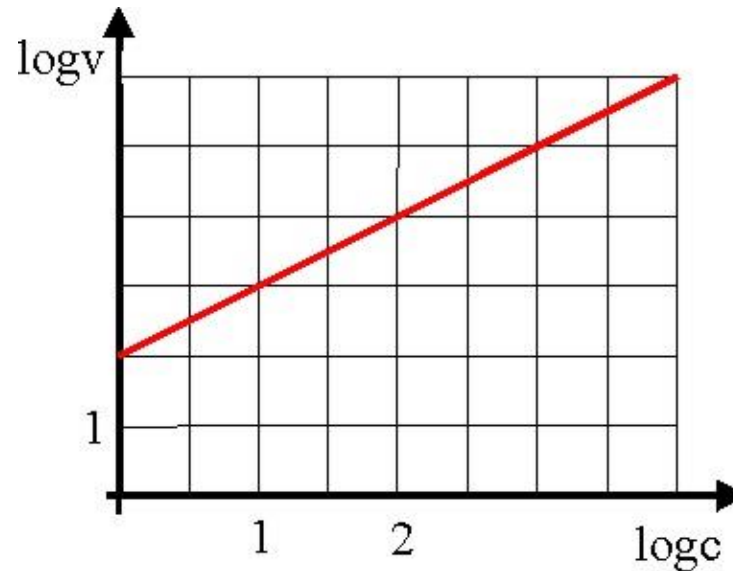
Закон действия масс



Николай Николаевич Бекетов
(1827 - 1911) -
российский физико-химик, академик

1854 г.

При постоянной температуре, скорость химической реакции прямо-пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степени, равной их стехиометрическим коэффициентам.

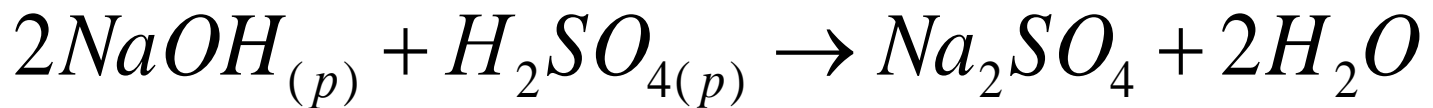
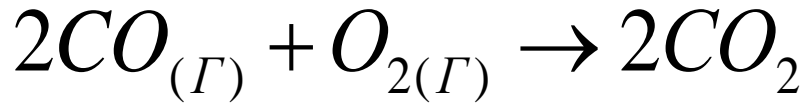


Като Максимилан Гульдберг
(1836-1902) -
норвежский физикохимик и математик
Петер Вааге
(1833-1900) -
норвежский физикохимик

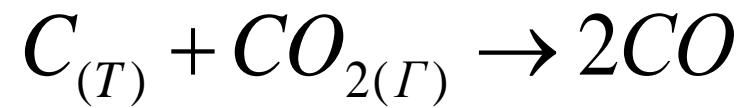
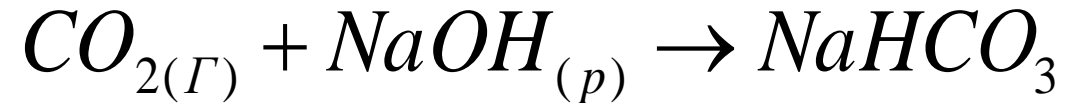
1857 г.

Реакционная система

гомогенная



гетерогенная



k_1, k_2, k_3, k_4 — константа скорости

Закон действия масс применим только для жидкостей и газов.

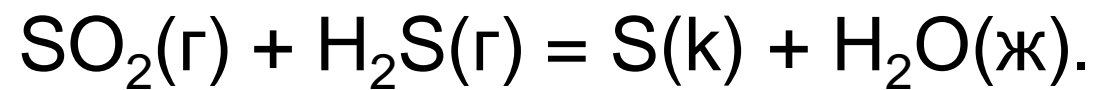
Физический смысл константы скорости:

константа скорости численно равна скорости реакции при концентрации реагирующих веществ равных 1 моль/л.

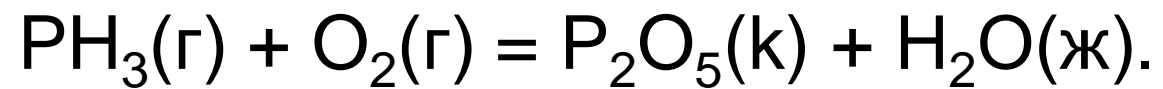
Константа скорости зависит от: природы реагирующих веществ, температуры и катализатора.

Написать математическое выражение скорости для химических реакций: синтеза хлороводорода из водорода и хлора; синтеза воды из водорода и кислорода; взаимодействия оксида меди (II) с водородом.

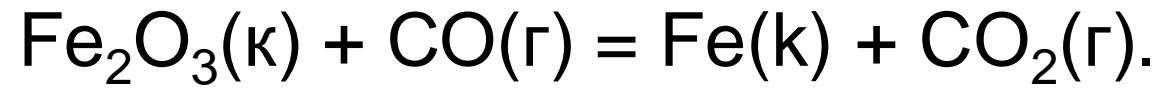
Написать выражение для скорости следующей реакции:



Написать выражение для скорости следующей реакции:



Написать выражение для скорости следующей реакции:

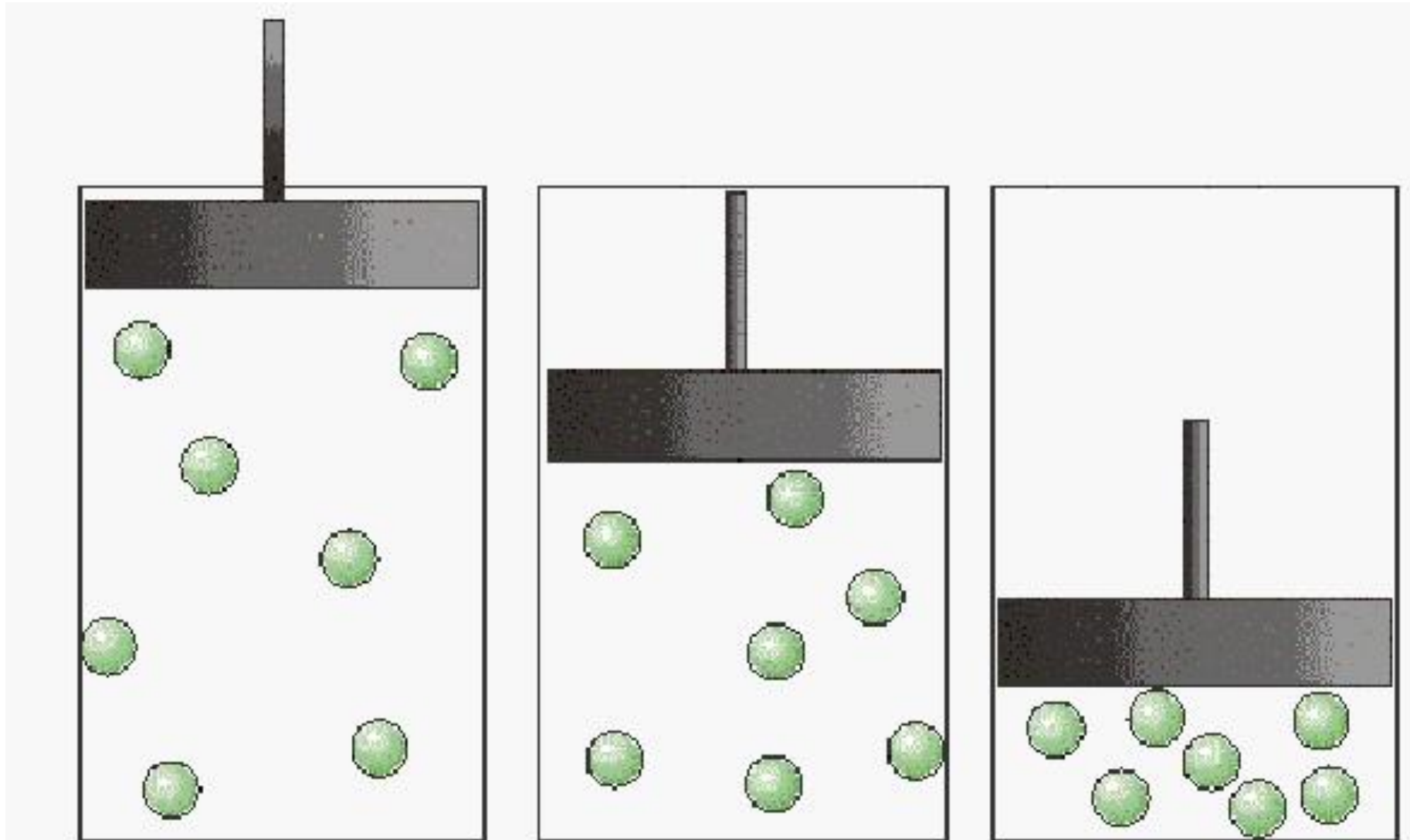


Как изменяется скорость реакции взаимодействия водорода с азотом при увеличении концентрации H_2 в пять раз.

Как изменится скорость реакции взаимодействия водорода с кислородом при понижении концентрации водорода в два раза.

Как изменяется скорость реакции взаимодействия оксида азота (II) с кислородом при одновременном увеличении концентрации NO и O₂ в три раза.

4. Давление



Влияние давления (для газов)

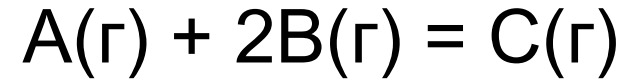
$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad \nu = \frac{m}{M}$$

$$pV = \nu RT; \quad C = \frac{\nu}{V}$$

$$p = \frac{\nu}{V} RT \Rightarrow p = CRT$$

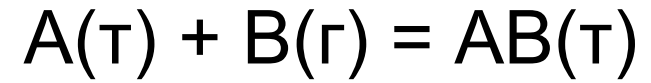
Для газов увеличение давления приводит к увеличению концентрации, и следовательно к увеличению скорости химической реакции.

Для увеличения скорости реакции:



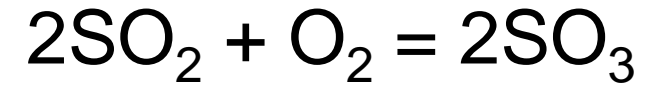
В 125 раз во сколько раз необходимо увеличить внешнее давление в системе?

При увеличении давления в системе в 4 раза скорость реакции:



Как изменится скорость химической реакции?

При увеличении давления газовой смеси в 2 раза:

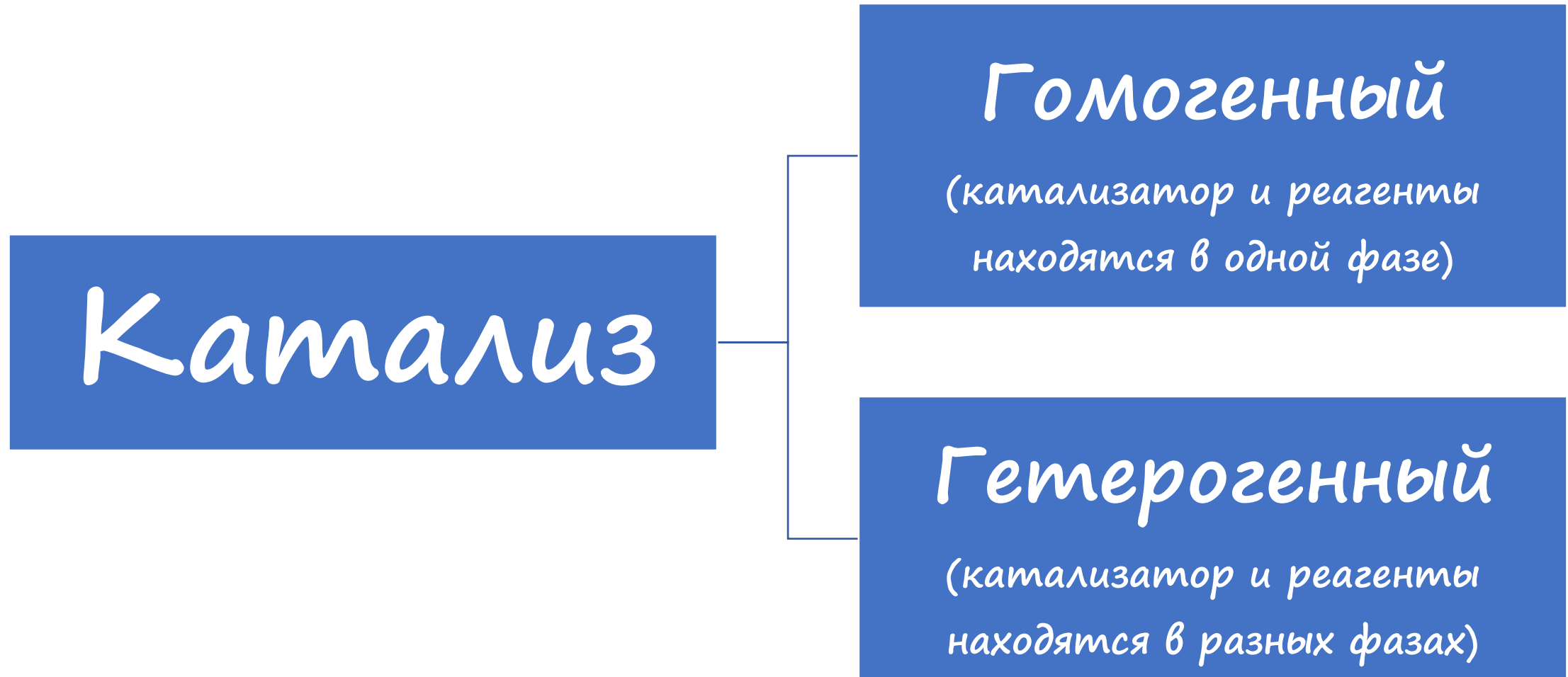


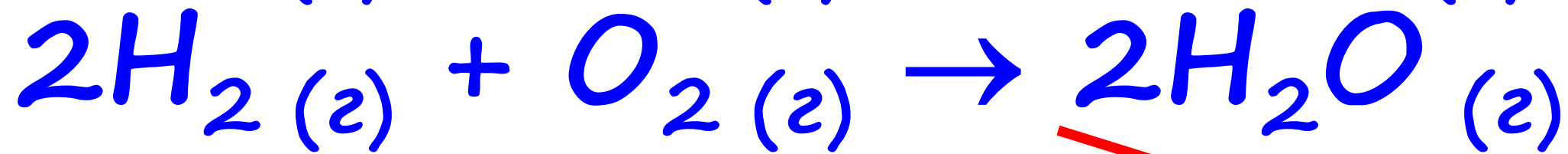
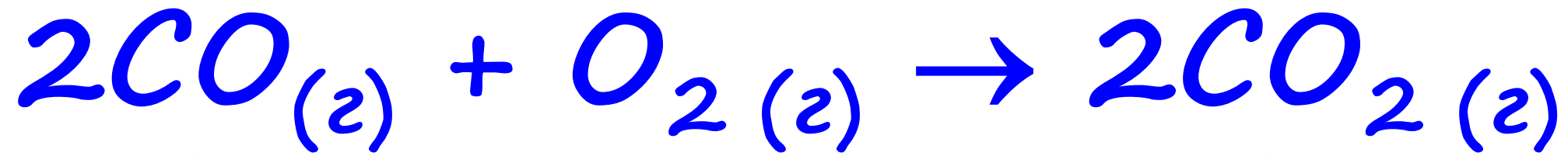
Как изменится скорость химической реакции?

5. Катализаторы

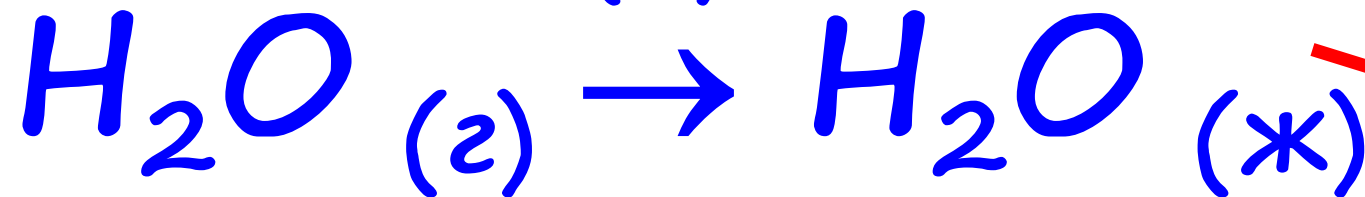
- Катализаторы – вещества, которые увеличивают скорость химических реакций, но сами при этом не расходуются и не входят в состав конечных веществ.

- Катализ – это увеличение скорости реакций в присутствии катализаторов.

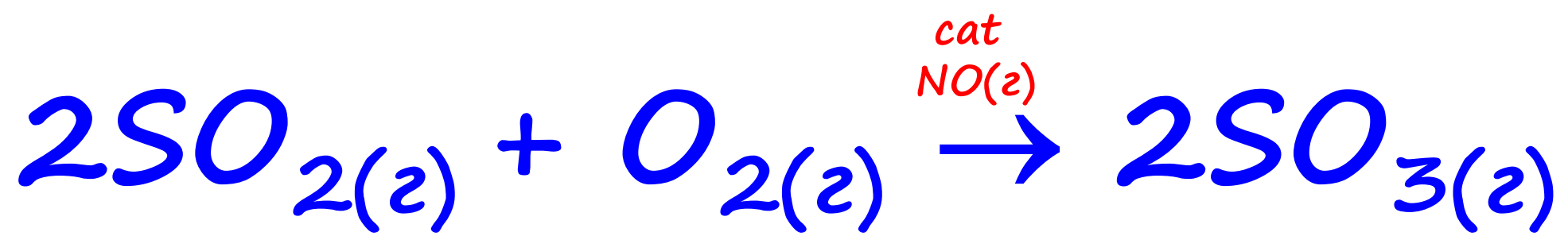




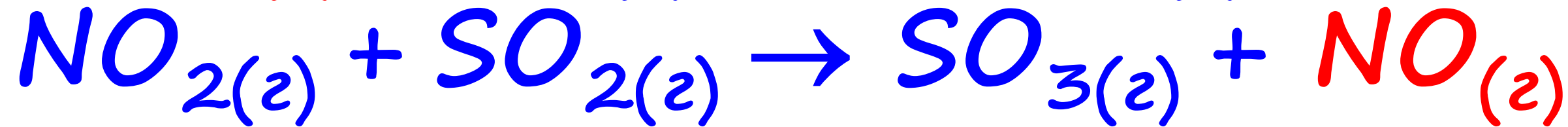
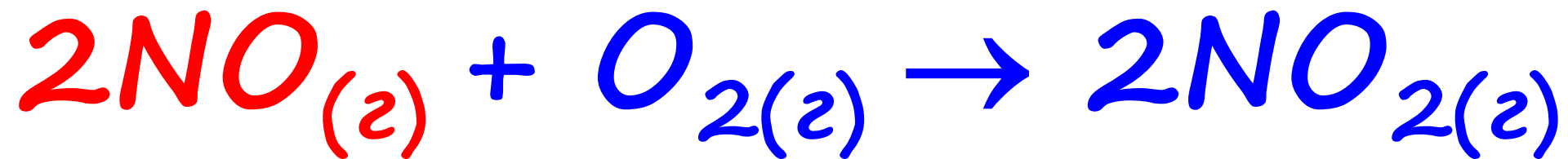
Гомогенные реакции –
во всем объеме

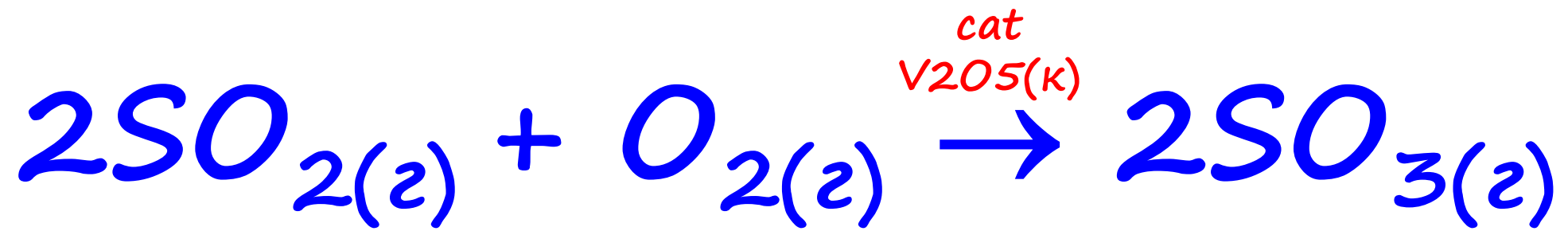


Гетерогенные реакции
– на границе раздела
фаз



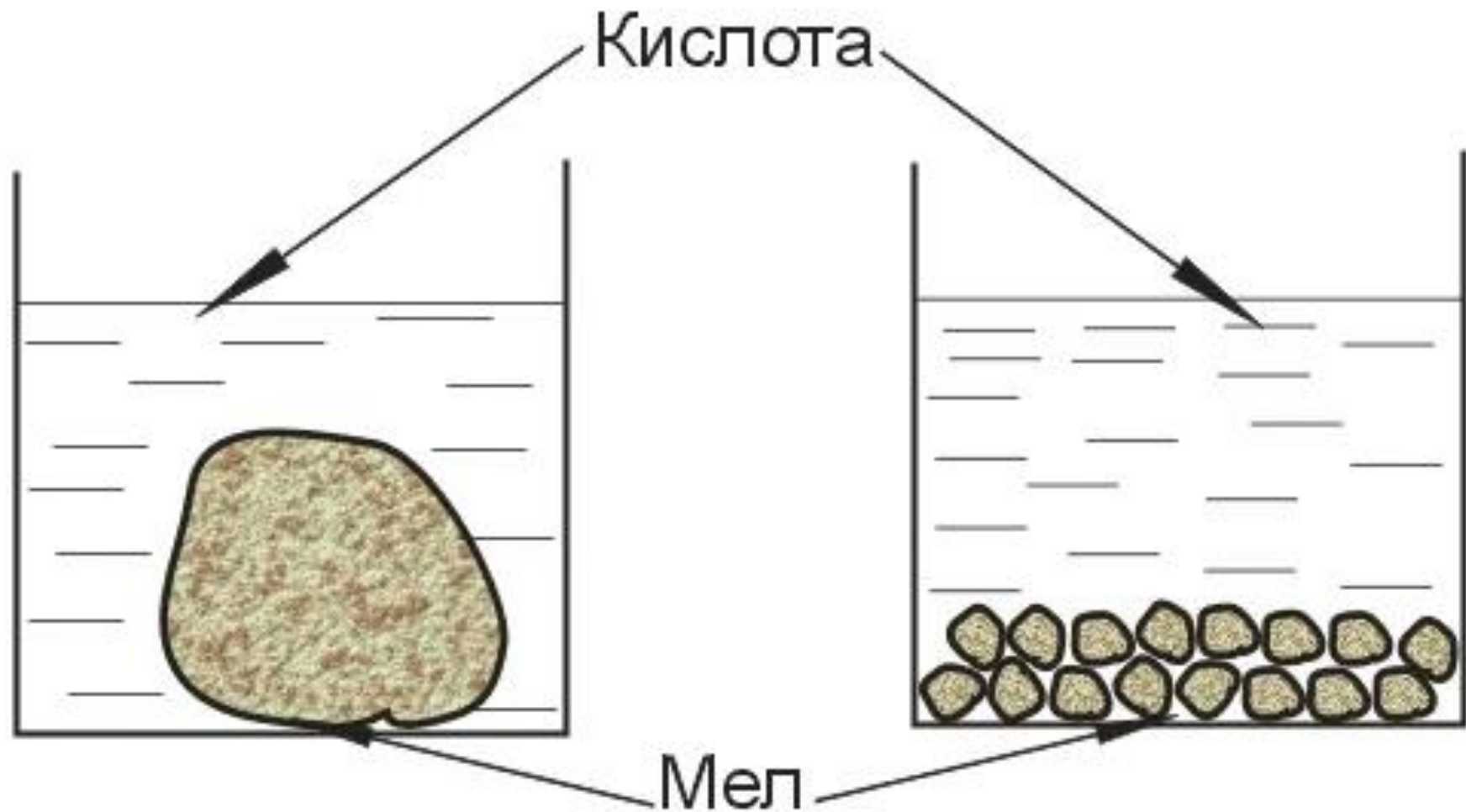
Гомогенный
катализ





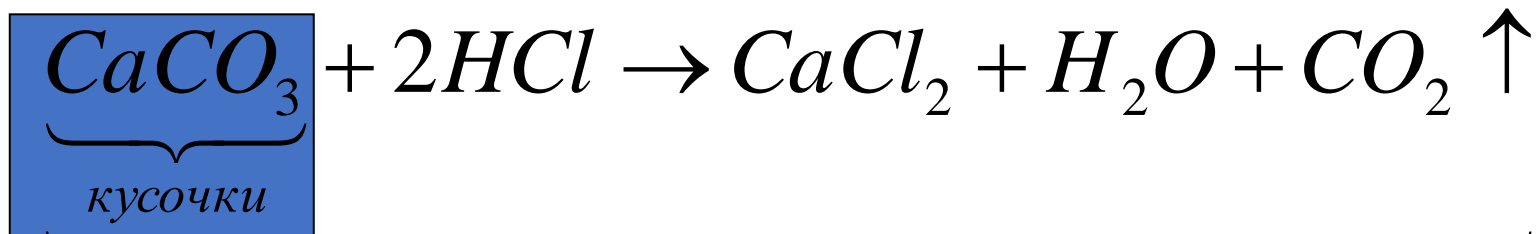
Гетерогенный
катализ

6. Площадь поверхности соприкосновения реагирующих веществ

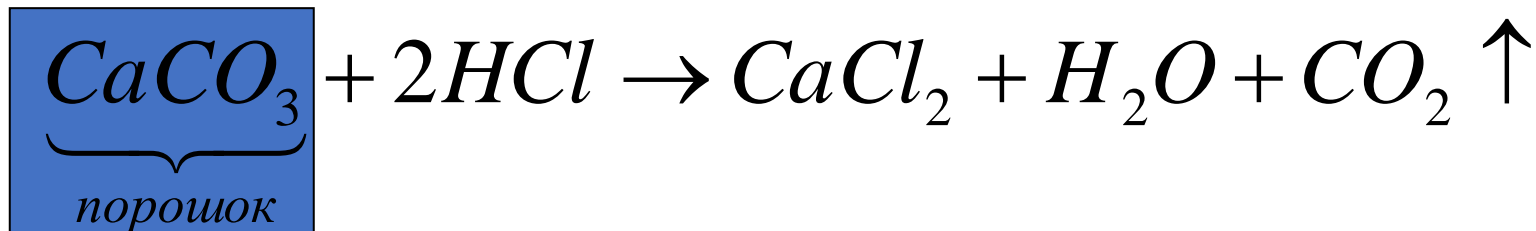


Влияние агрегатного состояния реагирующих веществ

Реакции между газами происходят очень быстро, реакции в растворах – быстро, реакции между твердыми веществами – медленно. В случае гетерогенных реакций, скорость химической реакции зависит от степени измельчения вещества.



реакция протекает медленно



реакция протекает быстро



Вопрос:

Скорость реакции увеличивается в 243 раза (температурный коэффициент равен 3) при повышении температуры

Варианты:

A	От 30°C до 80°C
B	От 50°C до 80°C
C	От 10°C до 40°C
D	От 0°C до 40°C
E	От 10°C до 70°C
F	От 20°C до 50°C
G	От 20°C до 65°C
H	От 20°C до 40°C

Вопрос:

«Скорость химической реакции пропорциональна произведению концентрации реагирующих» – это формулировка закона

Варианты:

A	Сохранения массы веществ
B	Действующих масс
C	Постоянства состава
D	Вант-Гоффа
E	Авогадро

Вопрос:

Закон кинетики

Варианты:

A	Периодический закон
B	Закон сохранения массы веществ
C	Закон объемных отношений
D	Закон действующих масс
E	Закон постоянства состава

Вопрос:

Скорость химической реакции



Варианты:

A	Увеличением концентрации вещества A
B	Добавлением катализатора
C	Добавлением ингибитора
D	Увеличением концентрации вещества B
E	Повышением температуры

Вопрос: Температурный коэффициент химической реакции равен $\gamma = 3$. Во сколько раз возрастает скорость химической реакции при увеличении температуры на 30°C

Варианты:

A	в 27 раз
B	в 30 раз
C	в 9 раз
D	в 3 раза
E	в 33 раза

Вопрос: Известно, что начальная концентрация А равна $0,15 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$, а через 10 секунд – $0,05 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$. Чему равна средняя скорость реакции $A + B \rightarrow 2C$?

Варианты:

A	$0,035 \frac{\text{моль}}{\text{л}\cdot\text{с}}$
B	$0,01 \frac{\text{моль}}{\text{л}\cdot\text{с}}$
C	$0,0022 \frac{\text{моль}}{\text{л}\cdot\text{с}}$
D	$0,0005 \frac{\text{моль}}{\text{л}\cdot\text{с}}$
E	$0,02 \frac{\text{моль}}{\text{л}\cdot\text{с}}$

Вопрос:

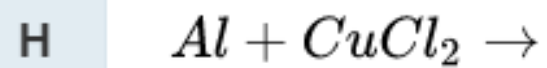
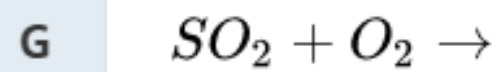
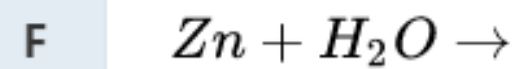
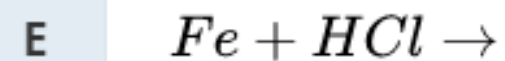
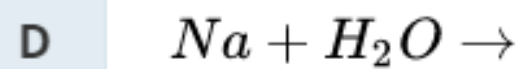
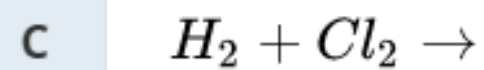
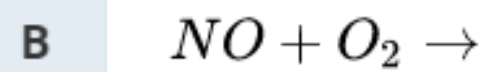
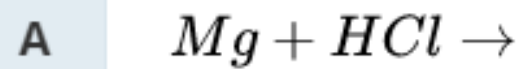
Схема химического процесса: $2A_{(г)} + B_{(г)} = 2C_{(г)} + Q$. Скорость прямой реакции увеличится при

Варианты:

A	Увеличении давления
B	Добавлении катализатора
C	Увеличении объема
D	Повышении температуры
E	Понижении температуры
F	Увеличении площади соприкосновения веществ
G	Уменьшении давления
H	Увеличении размера частиц реагирующих веществ

Вопрос: Повышение давления увеличивает скорость реакции

Варианты:



Вопрос: Скорость прямой реакции $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ при возрастании давления в 4 раза, увеличится в

Варианты:

A	64 раза
B	8 раз
C	12 раз
D	9 раз
E	4 раза
F	27 раз
G	3 раз
H	24 раза

Вопрос:

Чтобы при повышении внешнего давления в 2
раза скорость реакции

$A_{2(g)} + 3B_{2(g)} = 2AB_{3(g)}$ не изменилась, надо

понизить температуру ($\gamma = 4$) на

Варианты:

A	10°
B	30°
C	50°
D	20°
E	40°

Вопрос: Дана реакция: $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{SO}_3(\text{г}) + Q$. Как изменится ее скорость при увеличении давления в 3 раза и увеличении концентрации кислорода в 2 раза соответственно?

Варианты:

A	Уменьшится в 8 раз
B	Увеличится в 27 раз
C	Уменьшится в 16 раз
D	Уменьшится в 27 раз
E	Увеличится в 16 раз
F	Увеличится в 2 раза
G	Увеличится в 8 раз
H	Уменьшится в 2 раза

Вопрос:

При значении температурного коэффициента, равного 2, скорость реакции $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$ при одновременном понижении температуры от $30^\circ C$ до $0^\circ C$ и увеличении давления в 2 раза

Варианты:

A	Уменьшается в 4 раза
B	Увеличивается в 4 раза
C	Уменьшается в 8 раз
D	Не изменяется
E	Увеличивается в 2 раза