

## *Кинетика и катализ*

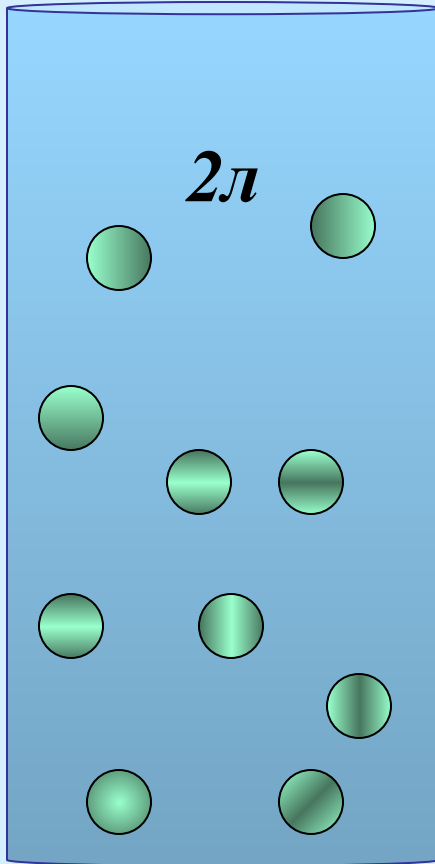
# *Кинетика*

# Термин «скорость» в физике и в химии

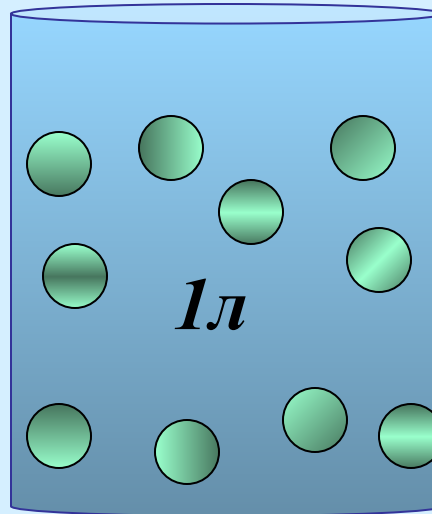
«скорость»	в физике	в химии
определение	Отношение пути ко времени, в течение которого этот путь пройден (движение равномерное, прямолинейное)	Скорость химической реакции – это изменение концентрации одного из реагирующих веществ в единицу времени
обозначение	$v$	$v$
формула	$v = S / t$	$v = C_1 - C_2 / t_2 - t_1 = \Delta C / \Delta t$
единицы измерения	м / с	моль / л·с
примеры	<p>Машина прошла 10 м за 2 с. Какова скорость её движения?</p> $v = 10 / 2 = 5$ <p>5 м/с</p>	<p>Начальная концентрация SO<sub>2</sub> в реакции окисления – 2 моль/л, через 50 с – 0,5 моль/л. Определить скорость реакции.</p> $v = 2 - 0,5 / 50 = 0,03$ <p>0,03 моль/л·с</p>

**Концентрация –это отношение количества  
вещества к объёму:  $C = n / V$**

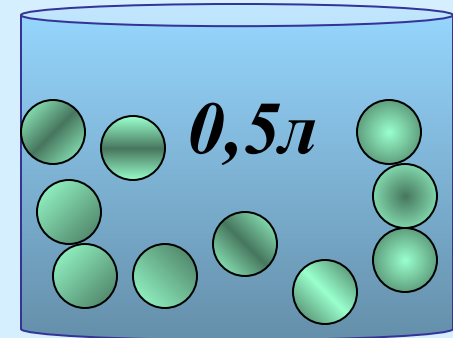
**5 моль/л**



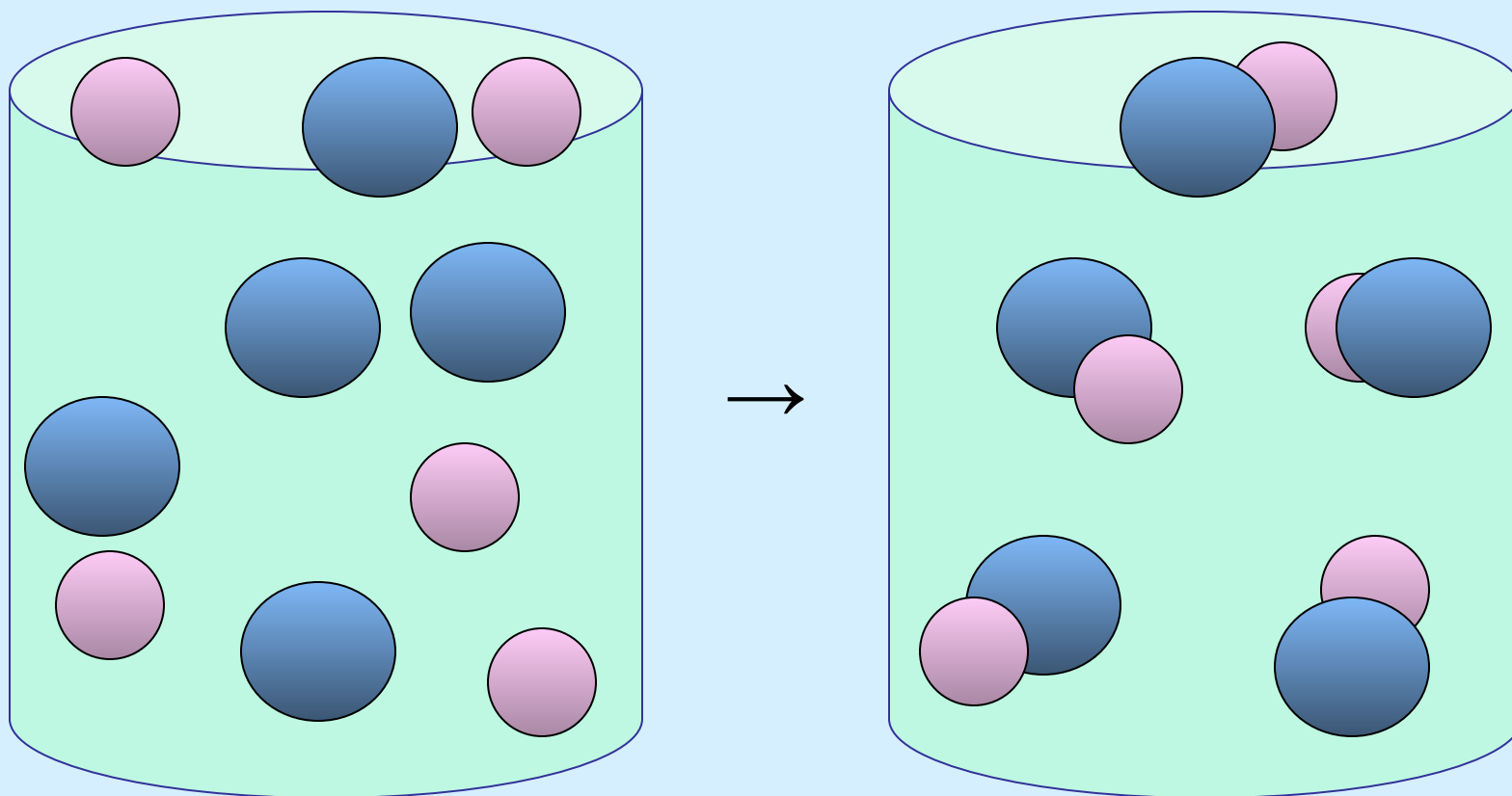
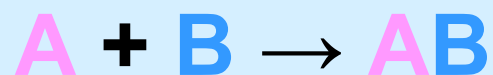
**10 моль/л**



**20 моль/л**



**Реакция происходит при столкновении молекул реагирующих веществ, её скорость определяется количеством столкновений и их силой (энергией)**



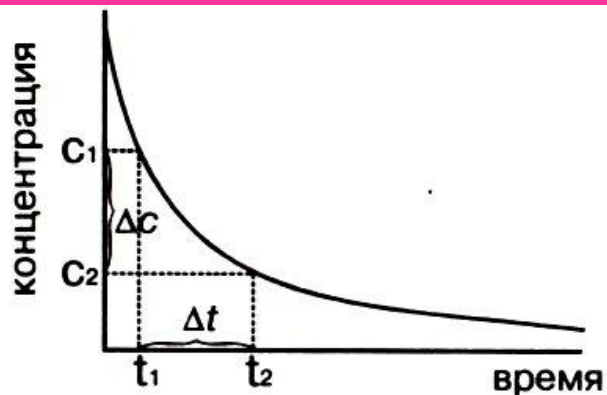
# Скорость химической реакции

**Скорость химической реакции**  
– это физическая величина, которая

определяется изменением концентрации одного из реагирующих веществ в единицу времени

обозначается  $\nu$

измеряется **моль / л · с**



Изменение концентрации реагирующих веществ во времени ( $V = \text{const}$ )

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

$C_1$  – начальная концентрация

$C_2$  – концентрация в момент времени  $t_2$

$t_1$  – начальное время

$t_2$  – время окончания эксперимента

# Факторы, влияющие на скорость



*Природа реагирующих веществ  
(их химическая активность)*



## Концентрация

Чем *больше концентрация*, тем *чаще* происходят столкновения – *скорость реакции больше*

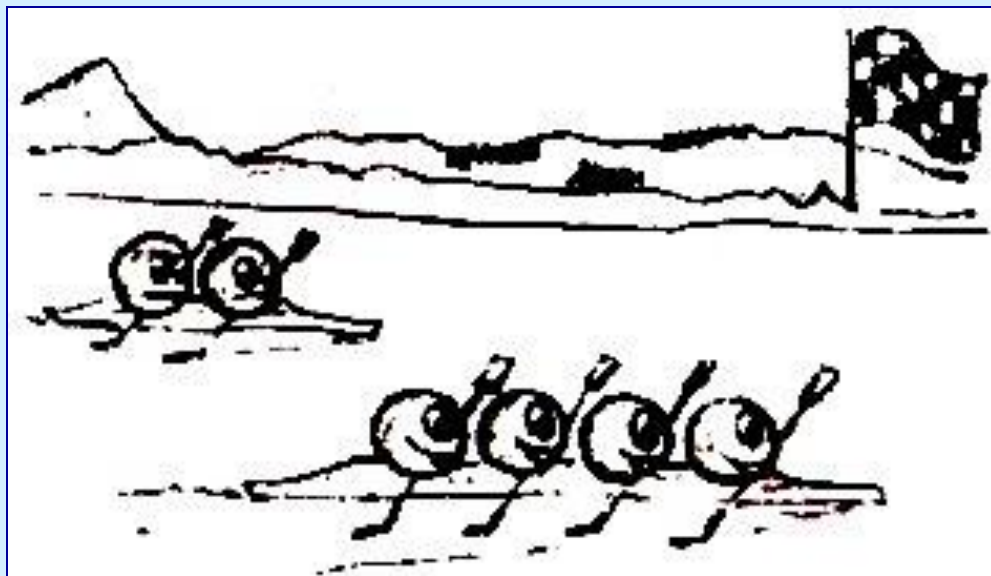
Закон действия масс:

*скорость реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ*

Для реакции  $aA + bB \rightarrow cC + dD$ :

$$\nu = k \cdot C_A^a \cdot C_B^b \quad \text{или} \quad \nu = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b$$

– *кинетическое уравнение*, где  $k$  – константа скорости



Для реакций  
без участия  
твёрдых веществ



# Температура

*Чем больше температура, тем больше скорость движения частиц, тем чаще происходят столкновения – скорость реакции больше*

## Правило Вант-Гоффа:

*При изменении температуры на каждые 10 градусов скорость реакции изменяется в 2-4 раза*

$$t_2 - t_1 / 10^\circ$$

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma,$$



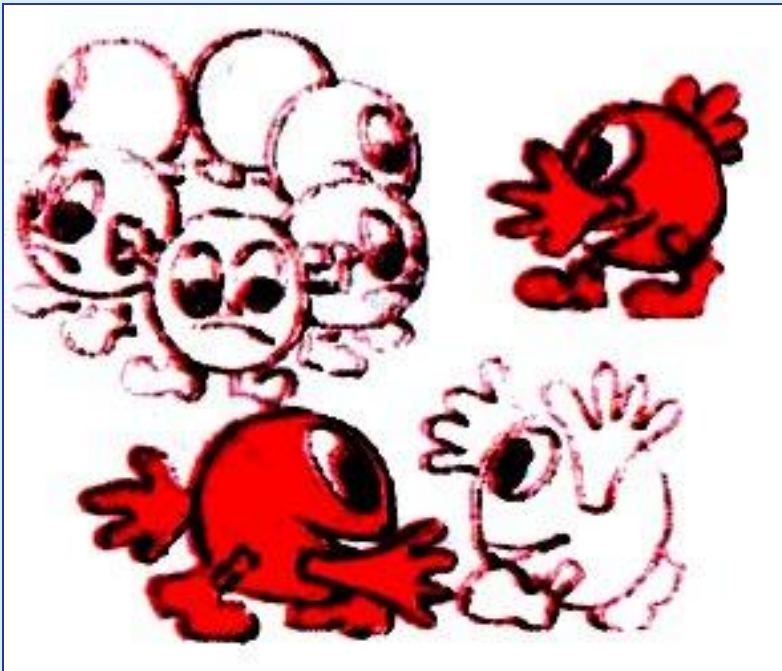
где  $v_{t_2}$  – скорость реакции при температуре  $t_2$

где  $v_{t_2}$  – скорость реакции при температуре  $t_2$

$\gamma$  – температурный коэффициент реакции

## *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:*

$$\nu = n_1 - n_2 / V(t_2 - t_1) = \Delta n / V \Delta t$$

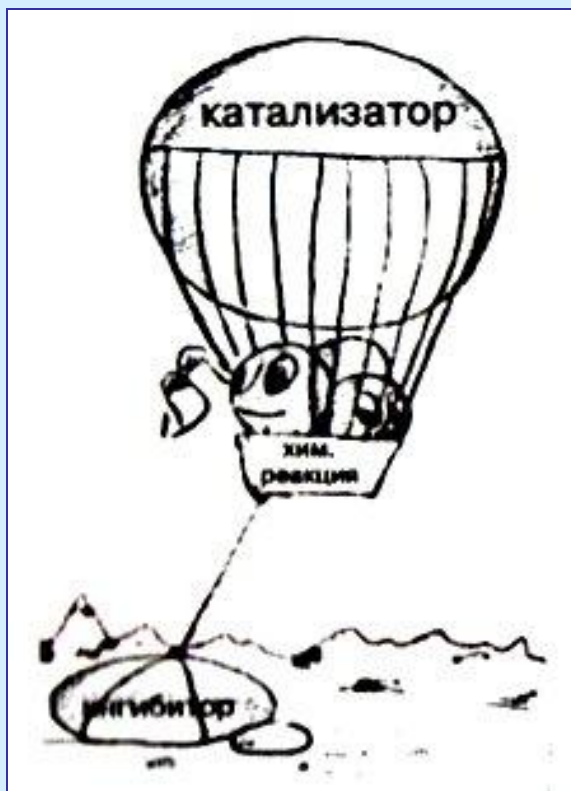
*для гетерогенных реакций:*

$$\nu = n_1 - n_2 / S(t_2 - t_1) = \Delta n / S \Delta t$$

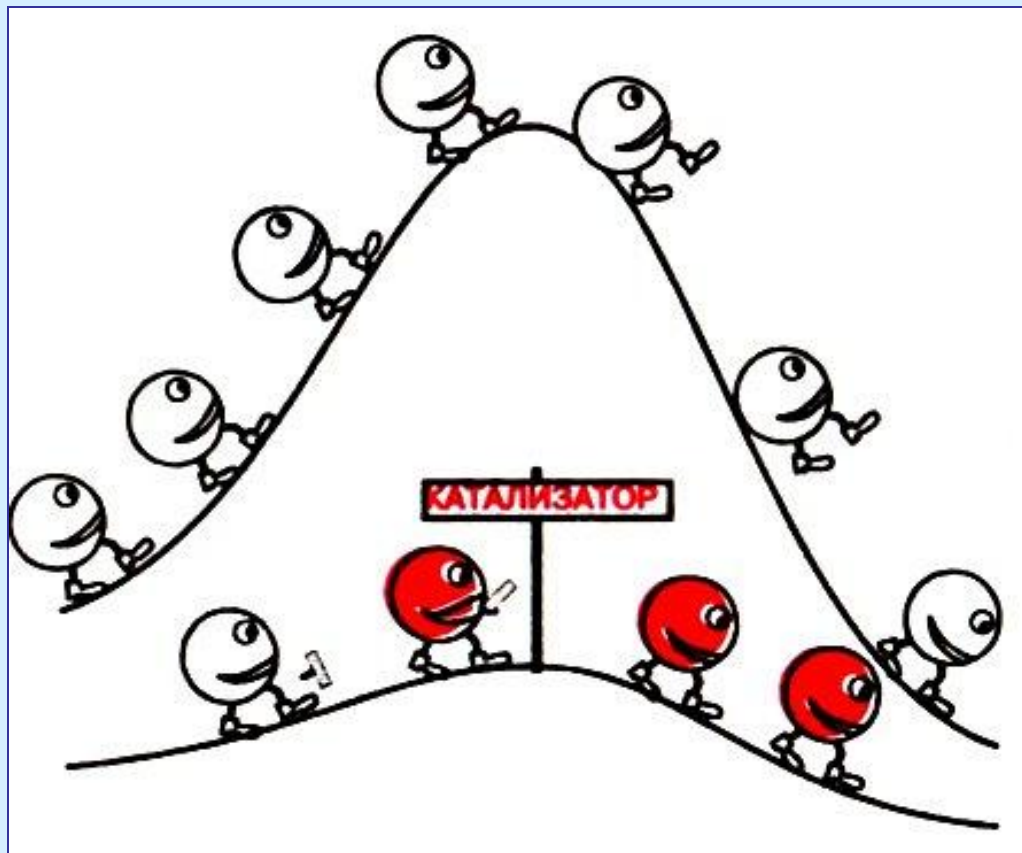
# Катализатор

Вещества, которые участвуют в химической реакции и **увеличивают её скорость**, оставаясь к концу реакции неизменными, называют **катализаторами**.

Вещества, которые **замедляют скорость** химической реакции, называют **ингибиторами**.

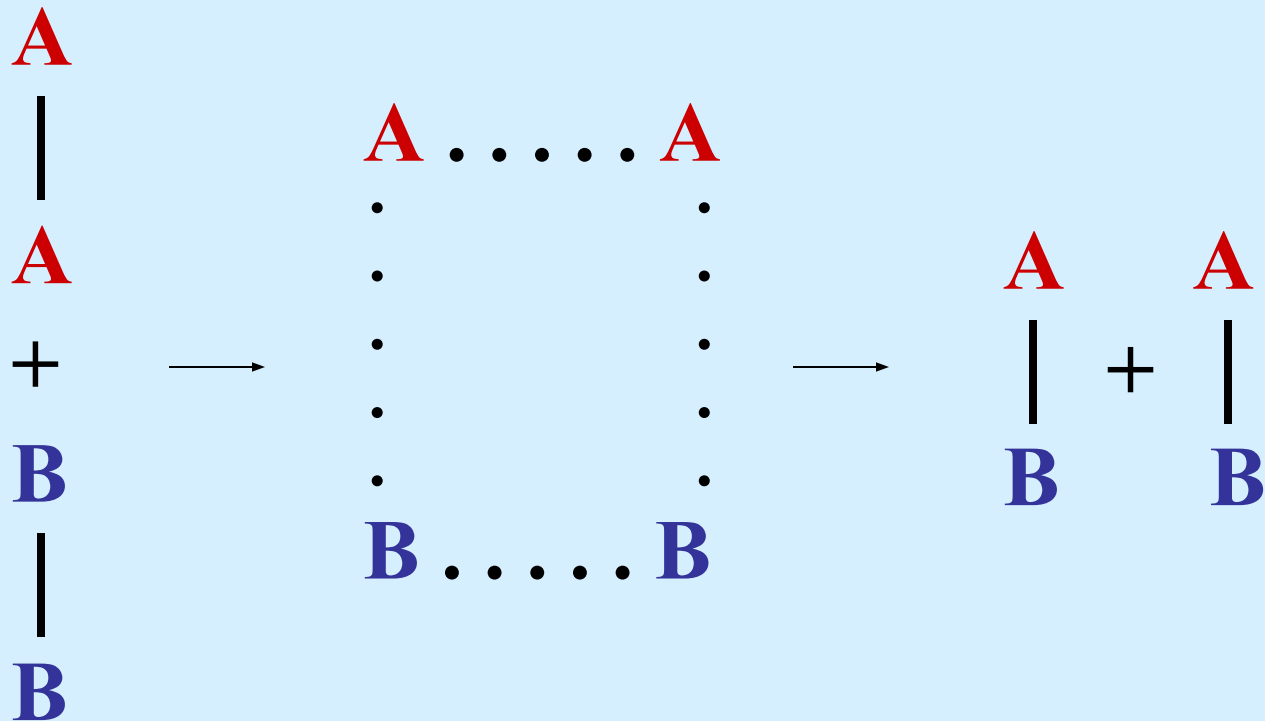


# *Каталлиз*



Энергию, необходимую для превращения веществ  
в состояние активированного комплекса,  
называют энергией активации ( $E_a$ )

Для реакции:  $A_2 + B_2 = 2AB$



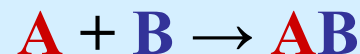
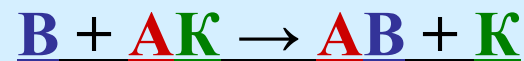
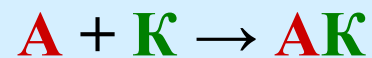
## Каталитическая реакция



активированный  
комплекс

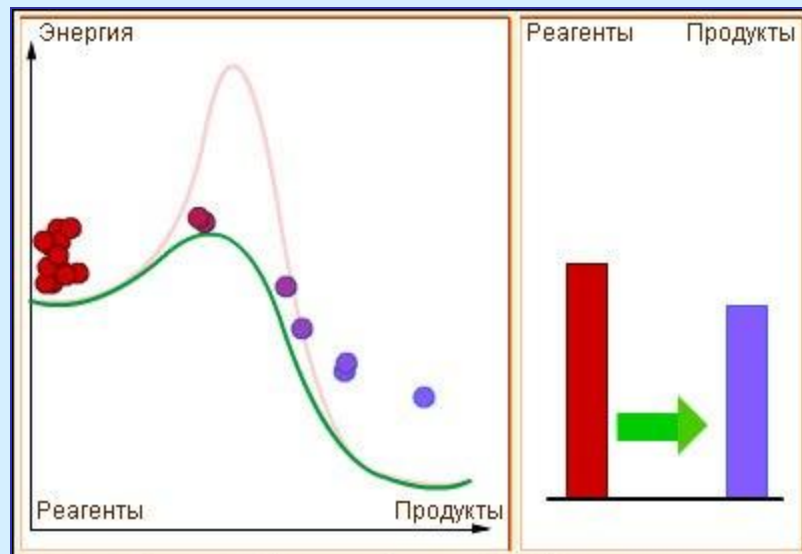


активированный  
комплекс



Реакция протекает  
быстро,  $E_a$  - мала

Вещество **K** приняло участие в процессе, но в результате осталось химически неизменным (**катализатор**)



# Задачи

1. Перед началом реакции концентрация одного из реагентов была равна 0,02 моль/л. Через 5 с она изменилась до 0,001 моль/л. Какова скорость реакции?

Дано:	
$C_1 = 0,02$ моль/л	$v = C_1 - C_2 / \Delta t = 0,02 - 0,001 / 5 = 0,0038$ (моль/л·с)
$C_2 = 0,001$ моль/л	
$\Delta t = 5$ с	
<hr/>	
Найти: $v$ - ?	Ответ: 0,0038 моль/л·с

2. Через 5 с после начала реакции взаимодействия водорода с серой концентрация образовавшегося сероводорода равна 0,01 моль/л. Вычислите скорость реакции в данный момент времени.

Дано:	
$C_1 = 0$ моль/л	$v = -(C_1 - C_2) / \Delta t = -(0 - 0,01) / 5 = 0,002$ (моль/л·с)
$C_2 = 0,01$ моль/л	
$\Delta t = 5$ с	
<hr/>	
Найти: $v$ - ?	Ответ: 0,002 моль/л·с

3. В замкнутый сосуд вместимостью 5 л помещены: водород массой 0,8 г и хлор. Через 10 с в результате реакции масса водорода снизилась до 0,3 г. Вычислите среднюю скорость реакции.

<p>Дано:</p> <p><math>V = 5 \text{ л}</math></p> <p><math>m_1 = 0,8 \text{ г}</math></p> <p><math>m_2 = 0,3 \text{ г}</math></p> <p><math>\Delta t = 10 \text{ с}</math></p>	<p><math>v = n_1 - n_2 / V \Delta t</math></p> <p><math>n = m : M; n_1 = m_1 : M = 0,8 : 2 = 0,4 \text{ (моль)}</math></p> <p><math>n_2 = m_2 : M = 0,3 : 2 = 0,15 \text{ (моль)}</math></p> <p><math>v = n_1 - n_2 / V \Delta t = 0,4 - 0,15 / 5 \cdot 10 = 0,005 \text{ (моль/л·с)}</math></p>
<p>Найти: <math>v</math> - ?</p>	<p>Ответ: 0,005 моль/л·с</p>

4. Две реакции протекают с такой скоростью, что за единицу времени в первой образовался сероводород массой 3 г, во второй – иодоводород массой 10 г. Какая из реакций протекала с большей средней скоростью?

<p>Дано:</p> <p><math>m_1(\text{H}_2\text{S}) = 3 \text{ г}</math></p> <p><math>m_2(\text{HI}) = 10 \text{ г}</math></p>	<p><math>v_1 = \Delta n_1 / V \Delta t = m_1 / M(\text{H}_2\text{S}) \cdot V \Delta t</math></p> <p><math>v_2 = \Delta n_2 / V \Delta t = m_2 / M(\text{HI}) \cdot V \Delta t</math></p> <p><math>v_1 / v_2 = m_1 / M(\text{H}_2\text{S}) \cdot V \Delta t : m_2 / M(\text{HI}) \cdot V \Delta t</math></p>
<p><math>v_1 / v_2</math> - ?</p>	<p><math>v_1 / v_2 = m_1 \cdot M(\text{HI}) \cdot V \Delta t / m_2 \cdot M(\text{H}_2\text{S}) \cdot V \Delta t = m_1 \cdot M(\text{HI}) / m_2 \cdot M(\text{H}_2\text{S}) = 3 \cdot 128 / 10 \cdot 34 = 384 / 340</math></p> <p>Ответ: <math>v_1 &gt; v_2</math></p>



5. Вычислить скорость реакции синтеза воды при соответствующих концентрациях водорода и кислорода 0,5 моль/л и 0,25 моль/л.

Дано: $C_{(H_2)} = 0,5$ моль/л $C_{(O_2)} = 0,25$ моль/л $k=1$	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ $v = k \cdot [H_2]^2 [O_2] = 1 \cdot (0,5)^2 \cdot 0,25 = 0,0625$ (моль/л·с)
Найти: $v$ - ?	Ответ: 0,0625 моль/л·с

6. Вычислить скорость реакции синтеза аммиака при соответствующих концентрациях водорода и азота 0,6 моль/л и 0,2 моль/л.

Дано: $C_{(H_2)} = 0,6$ моль/л $C_{(N_2)} = 0,2$ моль/л $k=1$	$3H_2 + N_2 \rightarrow 2NH_3$ $v = k \cdot [H_2]^3 [N_2] = 1 \cdot (0,6)^3 \cdot 0,2 = 0,0432$ (моль/л·с)
Найти: $v$ - ?	Ответ: 0,0432 моль/л·с

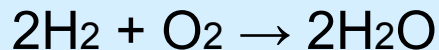
- Как изменится скорость синтеза воды при увеличении концентрации реагентов в два
- раза?

Дано:

$$C_{(H_2)} = 0,5 \text{ моль/л}$$

$$C_{(O_2)} = 0,25 \text{ моль/л}$$

$$k=1$$



$$v = k \cdot [H_2]^2 [O_2] = 1 \cdot (0,5)^2 \cdot 0,25 = 0,0625 \text{ (моль/л} \cdot \text{с)}$$

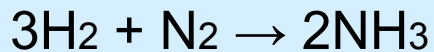
6. Вычислить скорость реакции синтеза аммиака при соответствующих концентрациях водорода и азота 0,6 моль/л и 0,2 моль/л.  
 Найти:  $v = ?$  Ответ: 0,0432 моль/л·с

Дано:

$$C_{(H_2)} = 0,6 \text{ моль/л}$$

$$C_{(N_2)} = 0,2 \text{ моль/л}$$

$$k=1$$



$$v = k \cdot [H_2]^3 [N_2] = 1 \cdot (0,6)^3 \cdot 0,2 = 0,0432 \text{ (моль/л} \cdot \text{с)}$$

Найти:  $v = ?$

Ответ: 0,0432 моль/л·с

