



Урок химии в 11 классе «Факторы, влияющие на скорость химических реакций»

*Автор:
учитель химии
высшей квалификационной категории
Чернявская Т.Н.*

Цели урока:

- Сформировать у учащихся знания о факторах, влияющих на скорость химических реакций.



- 1. Исследовать факторы, влияющие на скорость химических реакций и механизм их выполнения;
- 2. Продолжить развитие умений устанавливать причинно-следственные связи, проводить эксперимент, развивать умения осуществлять самоконтроль и взаимоконтроль;
- 3. Воспитывать интерес к учению, личностные качества, обеспечивающие успешность в творческой деятельности.

Скорость химических реакций

1. Молярная концентрация рассчитывается по формуле:

$$\text{а) } w = m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}}$$

$$\text{б) } c_{\text{в-ва}} = n_{\text{в-ва}} / V$$

$$\text{в) } n = m / M$$

$$\text{г) } v = - \Delta c / \Delta t$$

2. Скорость химической реакции $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ можно рассчитать по изменению концентрации исходных веществ, используя формулу:

$$\text{а) } v = k c^2(\text{SO}_2) c(\text{O}_2)$$

$$\text{б) } v = - \Delta c (\text{O}_2) / \Delta t$$

$$\text{в) } v = \Delta c (\text{SO}_3) / \Delta t$$

$$\text{г) } v = \Delta c (\text{SO}_2) / \Delta t$$

Ответы:

1. Молярная концентрация рассчитывается по формуле:

$$\text{а) } w = m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}}$$

$$\text{в) } n = m / M$$

$$\text{б) } c_{\text{в-ва}} = n_{\text{в-ва}} / V$$

$$\text{г) } v = - \Delta c / \Delta t$$

2. Скорость химической реакции $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ можно рассчитать по изменению концентрации исходных веществ, используя формулу:

$$\text{а) } v = kc^2(\text{SO}_2) c(\text{O}_2)$$

$$\text{в) } v = \Delta c (\text{SO}_3) / \Delta t$$

$$\text{б) } v = - \Delta c (\text{O}_2) / \Delta t$$

$$\text{г) } v = \Delta c (\text{SO}_2) / \Delta t$$

Рабочая карта урока.

- ▶ Тема.
- ▶ Ф. И. учащегося.

Проверка домашнего задания	Изучение нового материала		Закрепление знаний		Итоговая оценка
с/о	с/о		в/о	с/о	с/о

- ▶ Примечание: с/о – самооценка; в/о – взаимооценка

Правила безопасного поведения:

- Рабочее место содержать в чистоте;
- Не брать посуду и реактивы с других столов;
- Закрывать банки, в которых хранятся реактивы;
- Не брать реактивы голыми руками;
- Не использовать грязные стеклянные палочки при наборе реактива из банок;
- При нагревании вещества держите сосуд отверстием от людей;
- Добавлять кислоту в воду, а не наоборот;
- Использованные вещества, грязную посуду складывайте в отдельную ёмкость;
- По окончании работы навести порядок на столе, вымыть руки с мылом.

Факторы, влияющие на скорость химической реакции

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

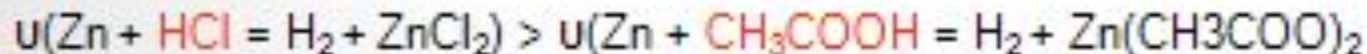


Природа реагирующих веществ

Реакционная активность веществ определяется:

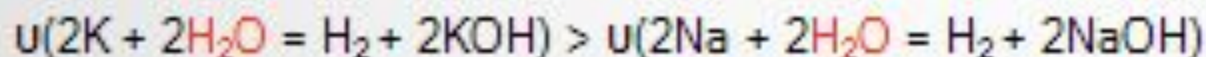
▶ **характером химических связей**

- ❖ скорость больше у веществ с ионной и ковалентной полярной связью (неорганические вещества)
- ❖ скорость меньше у веществ с ковалентной малополярной и неполярной связью (органические вещества)



▶ **их строением**

- ❖ скорость больше у металлов, которые легче отдают электроны (с большим радиусом атома)
- ❖ скорость больше у неметаллов, которые легче принимают электроны (с меньшим радиусом атома)



Концентрация

Для взаимодействия веществ их молекулы должны столкнуться. Число столкновений пропорционально числу частиц реагирующих веществ в единице объёма, т.е. их молярным концентрациям.



1867 г.

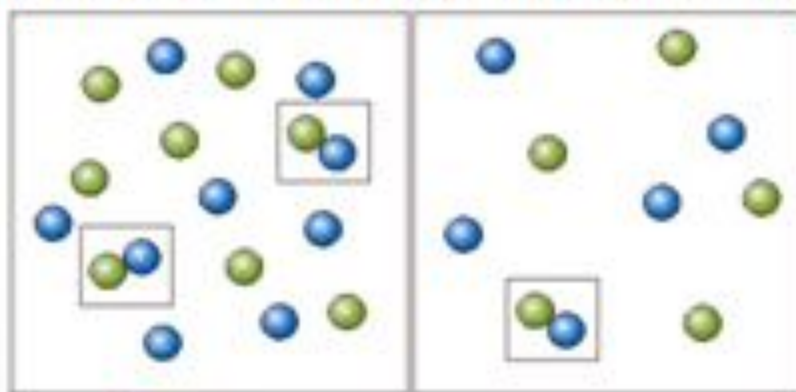
К.Гульдберг и

П.Вааге

сформулировали

закон

действующих масс



Закон действующих масс.

Скорость элементарной химической реакции пропорциональна произведению молярных концентраций реагирующих веществ, возведённых в степени равные их коэффициентам:



$$v = k \cdot c(A)^a \cdot c(B)^b$$

k - константа скорости реакции

($v = k$ при $c(A) = c(B) = 1$ моль/л)



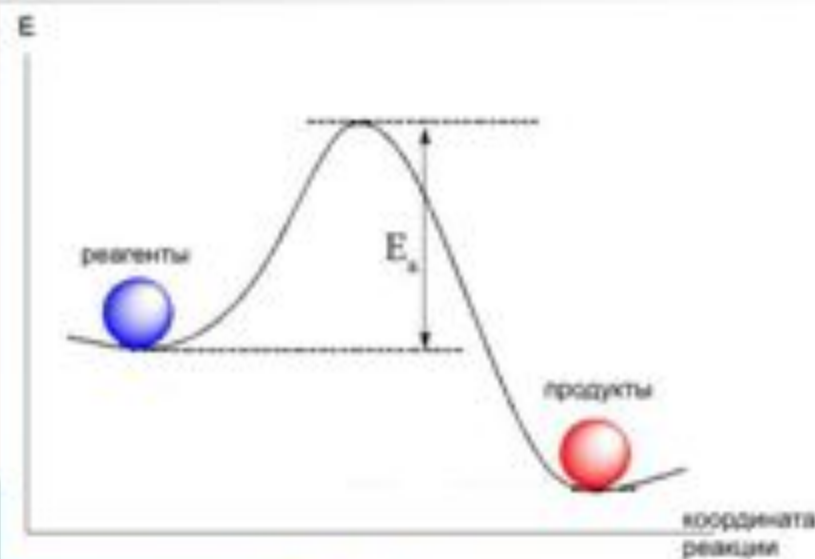
Сванте Аррениус
(1859-1927)

Температура

Объяснение зависимости скорости реакции от температуры было дано **С.Аррениусом**.

К реакции приводит не каждое столкновение молекул реагентов, а только наиболее сильные столкновения. Лишь молекулы, обладающие избытком кинетической энергии, способны к химической реакции.

С.Аррениус рассчитал долю активных (т.е. приводящих к реакции) соударений реагирующих частиц, зависящую от температуры.

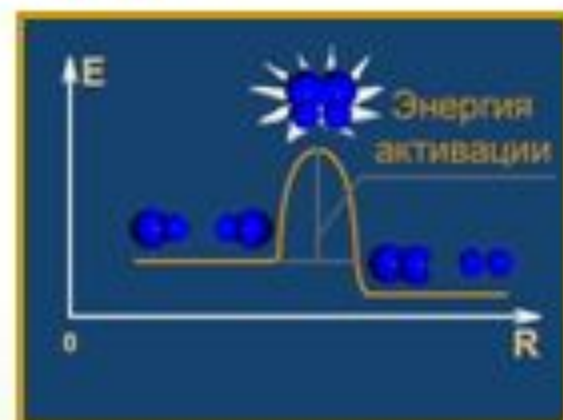
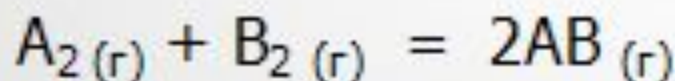


- ❖ молекула - энергетически выгодное образование
- ❖ химические вещества на энергетической диаграмме занимают положение в "ямках"
- ❖ для превращения этих веществ в другие, им надо сообщить энергию, достаточную для того, чтобы они выбрались из "ямки", перевалили через "барьер" (энергию активации)

Энергия активации

Активация – процесс превращения неактивных частиц в активные для преодоления энергетического барьера

Энергия, которую надо сообщить частицам реагирующих веществ, чтобы превратить их в активные, называют энергией активации (E_a)



В газе при нормальных условиях каждая из молекул испытывает 10^{10} столкновений в секунду.

Например, среднее время между двумя соударениями в H_2 всего $5 \cdot 10^{-9}$ с.

Если бы все столкновения приводили к реакции, то любая реакция между газами происходила бы мгновенно!



Якоб Вант-Гофф
(1852-1911)

Температура повышает количество столкновений молекул.

Правило Вант-Гоффа

(сформулировано на основании экспериментального изучения реакций)

В интервале температур от 0°C до 100°C при повышении температуры на каждые 10 градусов скорость химической реакции возрастает в 2-4 раза:

$$v = v_0 \cdot \gamma^{\Delta\tau/10}$$

γ - температурный коэффициент Вант-Гоффа

Правило Вант-Гоффа *не имеет силу закона*. Лабораторная техника была несовершенна, поэтому:

- ❖ оказалось, что температурный коэффициент в значительном температурном интервале непостоянен
- ❖ невозможно было изучать как очень быстрые реакции (протекающие за миллисекунды), так и очень медленные (для которых требуются тысячи лет)
- ❖ реакции с участием больших молекул сложной формы (например, белков) не подчиняются правилу Вант-Гоффа



Иенс Якоб Берцелиус
ввел термин
«катализ»
в 1835 г.

Катализаторы

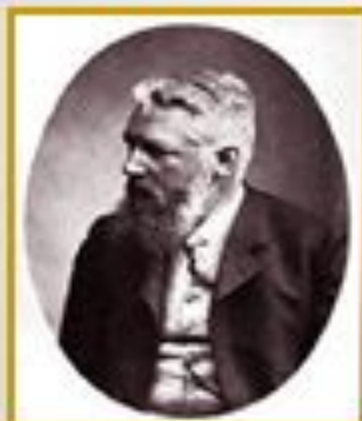
- вещества, изменяющие скорость химической реакции за счёт изменения энергии активации, но сами при этом не расходуясь.

Процесс в присутствии катализатора – катализ.

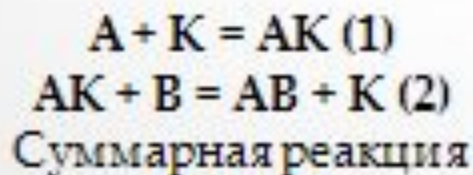
Реакция с катализатором – каталитическая.

Положительные катализаторы – ускоряют реакцию, уменьшая E_a

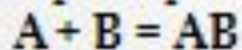
Отрицательные катализаторы (ингибиторы) – замедляют реакцию, увеличивая E_a



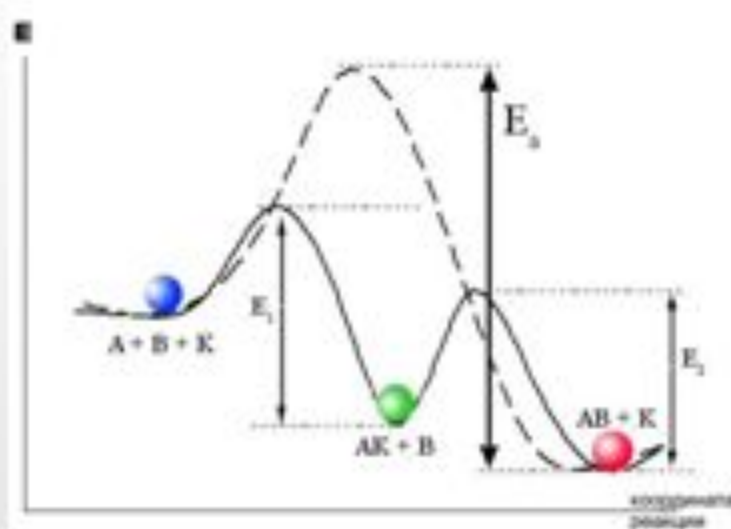
Вильгельм Оствальд
1909 г. – Нобелевская премия
«в признание работ по катализу»



Суммарная реакция



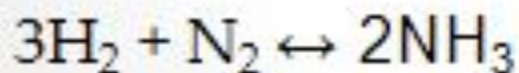
Но вместо энергетического барьера этой реакции преобладают более низкие барьеры реакций (1) и (2): E_1 и E_2



Промоторы

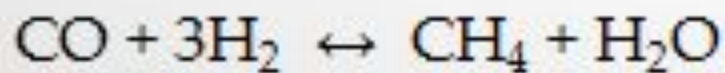
- вещества повышающие активность катализаторов

1. Синтез аммиака

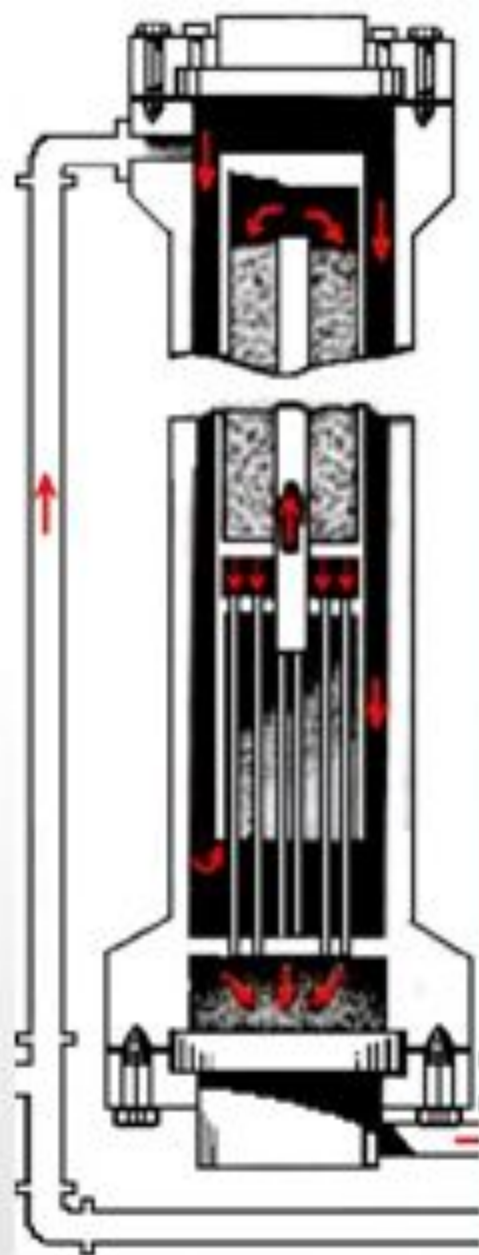


Катализатор - **Fe**, который в качестве промоторов содержит оксид алюминия (Al_2O_3) и оксид калия (K_2O)

2. Взаимодействие угарного газа с водородом



Катализатор - **Ni**, промотор церий **Ce**.



Площадь соприкосновения

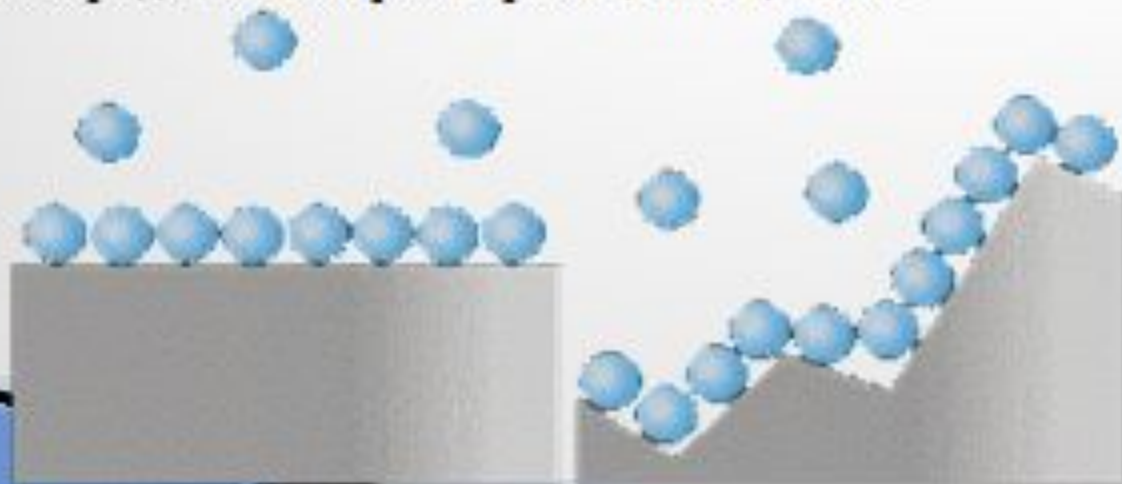
Скорость гетерогенной реакции *прямо пропорциональна* площади поверхности соприкосновения реагентов.

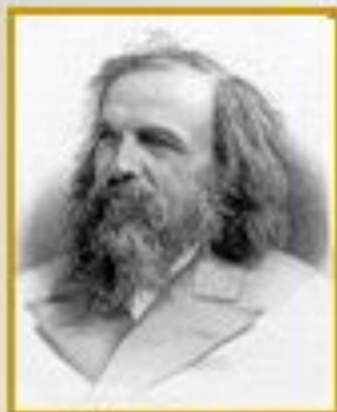
При измельчении и перемешивании увеличивается поверхность соприкосновения реагирующих веществ, при этом возрастает скорость реакции

Скорость гетерогенной реакции зависит от:

- а) скорости подвода реагентов к границе раздела фаз;
- б) скорости реакции на поверхности раздела фаз, которая зависит от площади этой поверхности;
- в) скорости отвода продуктов реакции от границы раздела фаз.

Стадии (а) и (в) называются *диффузионными*, а стадия (б) – *кинетической*. Та стадия, которая протекает наиболее медленно, называется *лимитирующей* – именно она определяет скорость реакции в целом.





Менделеев
Дмитрий
Иванович
(1834 - 1907 г.)

Давление

Давление сильно влияет на скорость реакций с участием газов, потому что оно непосредственно определяет их концентрации.

В уравнении Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT$$

перенесем V в правую часть, а RT - в левую учтем

$$p/RT = n/V$$

учтём, что $n/V = c$

$$p/RT = c$$

Давление и молярная концентрация газа связаны прямо пропорционально.



Клапейрон
Бенуа Поль
Эмиль
(1799 - 1864 г.)



Задачи

1. Вычислите среднюю скорость химической реакции, если через 20 с от начала реакции концентрация веществ составляла 0,05 моль/л, а через 40 с – 0,04 моль/л.

Дано:

$$\tau_1 = 20 \text{ с}$$

$$\tau_2 = 40 \text{ с}$$

$$c_1 = 0,05 \text{ моль/л}$$

$$c_2 = 0,04 \text{ моль/л}$$

Найти: v

Расчёт ведём по исходному веществу, значит перед формулой ставим знак «-»

$$v = -\Delta c / \Delta \tau$$

$$v = -(c_2 - c_1) / (\tau_2 - \tau_1)$$

$$v = -(0,04 - 0,05) / (40 - 20) = 0,0005$$

(моль/(л·с))

Ответ: средняя скорость реакции 0,0005 моль/(л·с)

Задача

- ▣ **2. Как изменится скорость химической реакции $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$, если уменьшить объем газовой смеси в 2 раза?**

Решение задачи

Дано:

При уменьшении
объёма смеси в 2
раза концентрация
каждого вещества
возрасла в 2 раза

$$c_{2(\text{смеси})} / c_{1(\text{смеси})} = 2$$

Найти: v_2 / v_1



1) Запишем выражение закона действующих масс для исходной смеси и после сжатия

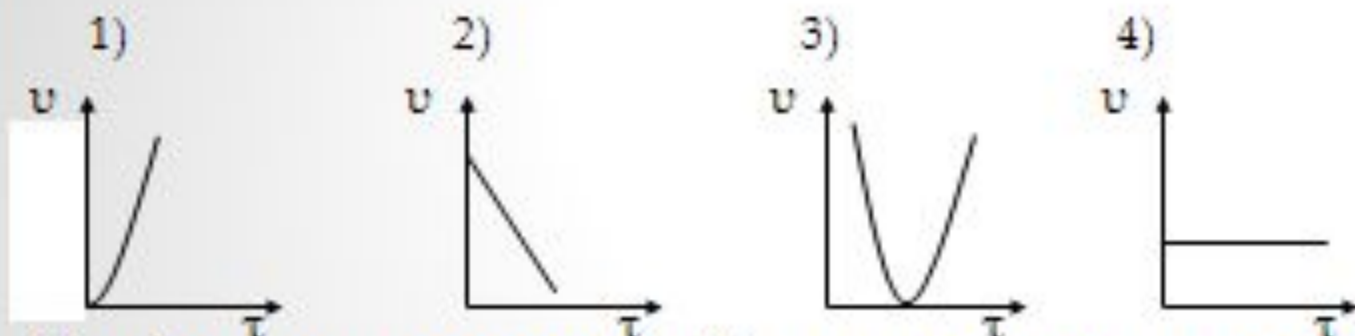
$$\begin{aligned} v_1 &= k \cdot c(\text{CO})^2 \cdot c(\text{O}_2) \\ v_2 &= k \cdot c(2\text{CO})^2 \cdot c(2\text{O}_2) = \\ &= k \cdot 4c(\text{CO})^2 \cdot 2c(\text{O}_2) = \\ &= 8k \cdot c(\text{CO})^2 \cdot c(\text{O}_2) \end{aligned}$$

2) Найдём отношение скоростей:
 $v_2 / v_1 = (8k \cdot c(\text{CO})^2 \cdot c(\text{O}_2)) / (k \cdot c(\text{CO})^2 \cdot c(\text{O}_2)) = 8$

Ответ: скорость реакции возрастёт в 8 раз

Задание №1

Тест



График, отражающий зависимость скорости реакции оксида меди (II) и соляной кислоты от температуры:

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

Задание №2

Какой из факторов не оказывает влияния на скорость химической реакции в растворах:

- 1) концентрация веществ
- 2) использование катализатора
- 3) использование ингибитора
- 4) объём реакционного сосуда

Задание №3

На скорость химической реакции между раствором серной кислоты и железом **не оказывает влияния:**

- 1) концентрация кислоты
- 2) измельчение железа
- 3) температура реакционной смеси
- 4) увеличение давления

Задание №4

Во сколько раз изменится скорость элементарной реакции $2A + B = A_2B$, если концентрацию вещества B уменьшить в 2 раза:

- 1) увеличится в 4 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) увеличится в 2 раза

Задание №5

Как повлияет на скорость элементарной реакции $A + B = AB$ увеличение концентрации вещества A в 3 раза:

- 1) скорость увеличится в 3 раза
- 2) скорость уменьшится в 9 раз
- 3) скорость уменьшится в 3 раза
- 4) скорость не изменится

Самооценка выполненной работы.

Таблица №2.

Рабочая карта урока.

Проверка домашнего задания	Изучение нового материала		Закрепление знаний		Итоговая оценка
с/о	с/о	о/г	в/о	с/о	с/о

- ▶ «5» – все примеры составлены верно, «4» – 1 ошибка, «3» – 2 ошибки, больше ошибок – не оцениваем.

VI. Домашнее задание: §13, упр. 3, 5.

- ▶ Предложите способы увеличения скорости реакции в 8 раз путём изменения концентрации исходных веществ:
- ▶ а) $2\text{H}_2 (\text{газ}) + \text{O}_2 (\text{газ}) = 2\text{H}_2\text{O} (\text{газ})$
- ▶ б) $\text{H}_2 (\text{газ}) + \text{Cl}_2 (\text{газ}) = 2\text{HCl} (\text{газ})$