



Лекция № 9

Скорость химической реакции

Скорость химической реакции

Скорость химической реакции – это изменение количества реагирующего вещества в единицу времени в единице объёма.

$$r = \frac{1}{V} \times \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

r – скорость химической реакции,

V – объём м³,

Δn – количество вещества в молях,

Δt – промежуток времени сек.,

ΔC – молярная концентрация ($\Delta n / V$)²

Факторы, влияющие на скорость химической реакции

1. природа реагирующих веществ
2. концентрация реагирующих веществ,
3. давление (в реакциях с участием газов),
4. температура,
5. действие катализаторов, ингибиторов,
6. поверхность реагирующих веществ в случае гетерогенных реакций.

1) влияние природы реагирующих веществ

- **Чем прочнее химические связи в веществе, тем труднее оно вступает в реакцию.**

2) Зависимость скорости химической реакции от концентрации

При повышении концентрации хотя бы одного из реагирующих веществ скорость химической реакции возрастает в соответствии с законом действующих масс.



$$v_1 = k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b$$

3) Зависимость скорости химической реакции от давления


- при наличии газообразных реагентов - повышение давления повышает концентрацию газообразных веществ, увеличивая скорость реакции.

3) Зависимость скорости химической реакции от температуры

Правило Я.Х. Вант - Гоффа :

Повышение температуры на каждые 10°C приводит к увеличению скорости реакции в 2-4 раза (эту величину называют *температурным коэффициентом реакции*).


$$\gamma = v_{T_2} / v_{T_1}$$



5) Катализатор — **ускоряет** различные химические реакции в заданном направлении.

б) Влияние поверхности соприкосновения реагирующих веществ на скорость реакции.

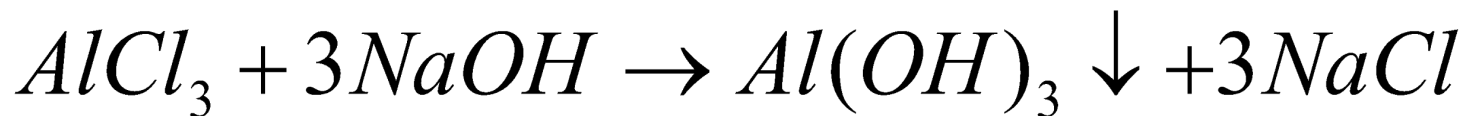
- **Чем мельче твёрдые частицы, тем больше скорость химической реакции.**



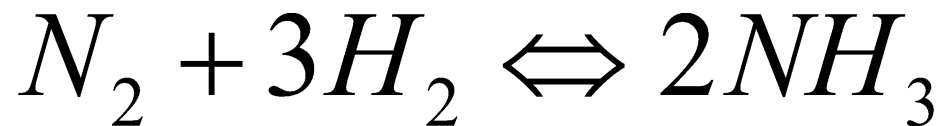
Обратимость химических
реакций
Химическое равновесие

Обратимые и необратимые реакции

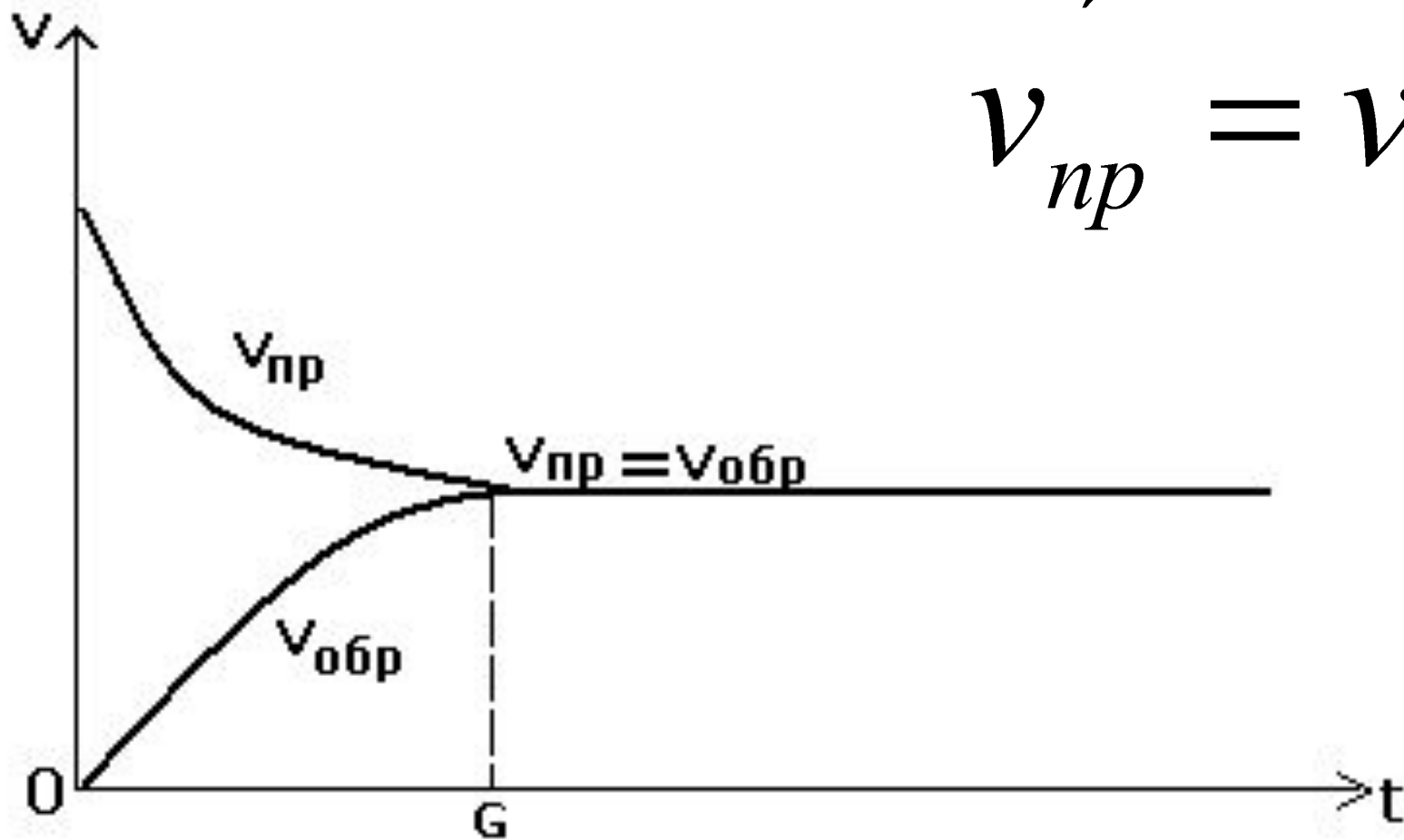
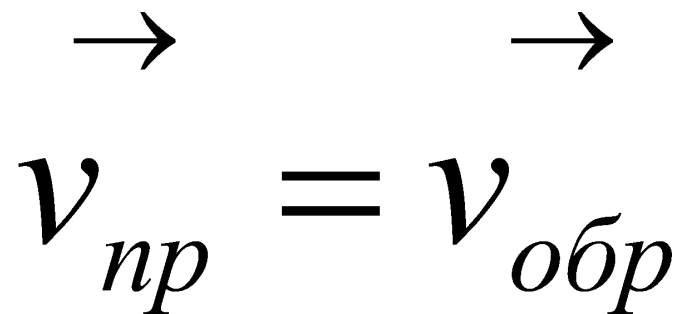
- **Необратимыми** называют химические реакции, протекающие только в одном направлении.



- **Обратимыми** называют реакции, протекающие при одних и тех условиях и в прямом, и в обратном направлениях.



Обратимые химические реакции



Изменение во времени скорости прямой и обратной реакций до достижения состояния равновесия

Химическое равновесие

- - Состояние системы, при котором скорость прямой реакции равна скорости обратной реакции.

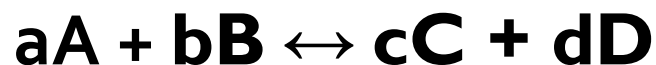
$$\begin{array}{ccc} \rightarrow & & \rightarrow \\ v_{пр} & = & v_{обр} \end{array}$$

Химическое равновесие:

- 1. Концентрации всех веществ в состоянии равновесия (равновесные концентрации) **постоянны**.
- 2. Химическое равновесие имеет **динамический** характер (прямая и обратная реакции при равновесии не прекращаются).

Константа химического равновесия

Для одностадийной обратимой реакции



при равновесии выражения для скоростей прямой v_1 и обратной реакций v_2 имеют вид:

$$v_1 = k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b \quad v_2 = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d$$

где $[A]$, $[B]$, $[C]$ и $[D]$ - равновесные молярные концентрации веществ;

a, b, c и d - соответствующие стехиометрические коэффициенты (при условии, что реакция идет в одну стадию);

k_1 и k_2 - коэффициенты пропорциональности, называемые **константами скоростей**.

Константа химического равновесия

Из условия равновесия $v_1 = v_2$ следует:

$$k_1 \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^b = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d$$

Отсюда получаем выражение для константы химического равновесия **K_p** :

$$K_p = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Закон действующих масс.

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

Константы химического равновесия

По типу реакции

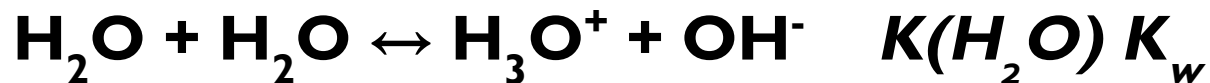
а) константа диссоциации (ионизации)



б) константа гидролиза



в) константа автопротолиза воды

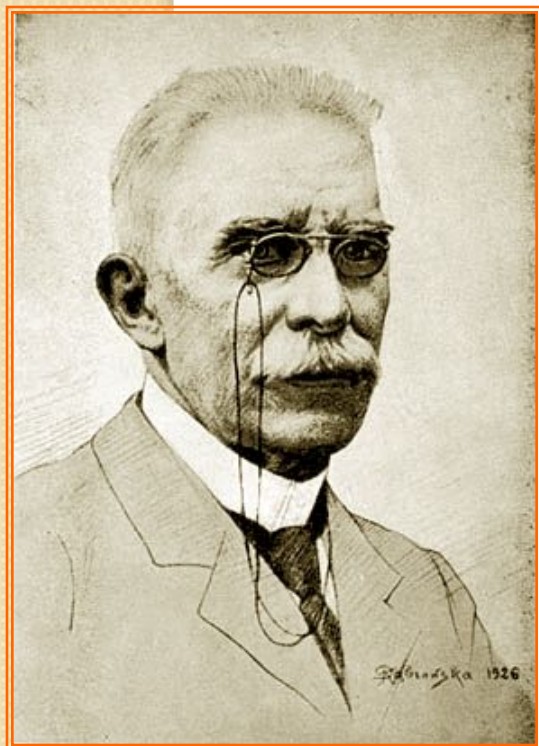


г) константа образования (нестойкости) комплексов



Смещение химического равновесия

Смещение равновесия в нужном направлении достигается изменением условий реакции.



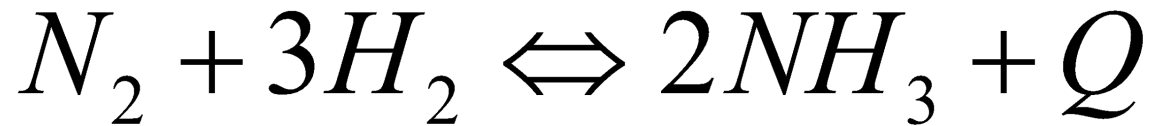
- Принцип Ле Шателье (1884г.):
если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается внешнее воздействие, то равновесие смещается в ту сторону, которая ослабляет данное воздействие.

Влияние температуры на смещение равновесия

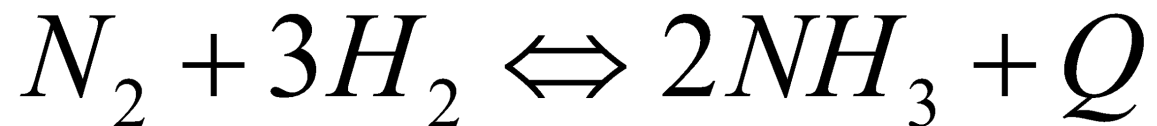
- Реакции, сопровождающиеся выделением теплоты, называются экзотермическими.
- Реакции, сопровождающиеся поглощением теплоты, называются эндотермическими.

Влияние изменения температуры

- При повышении температуры равновесие смещается в сторону эндотермической реакции.



- При понижении температуры – в сторону экзотермической реакции.

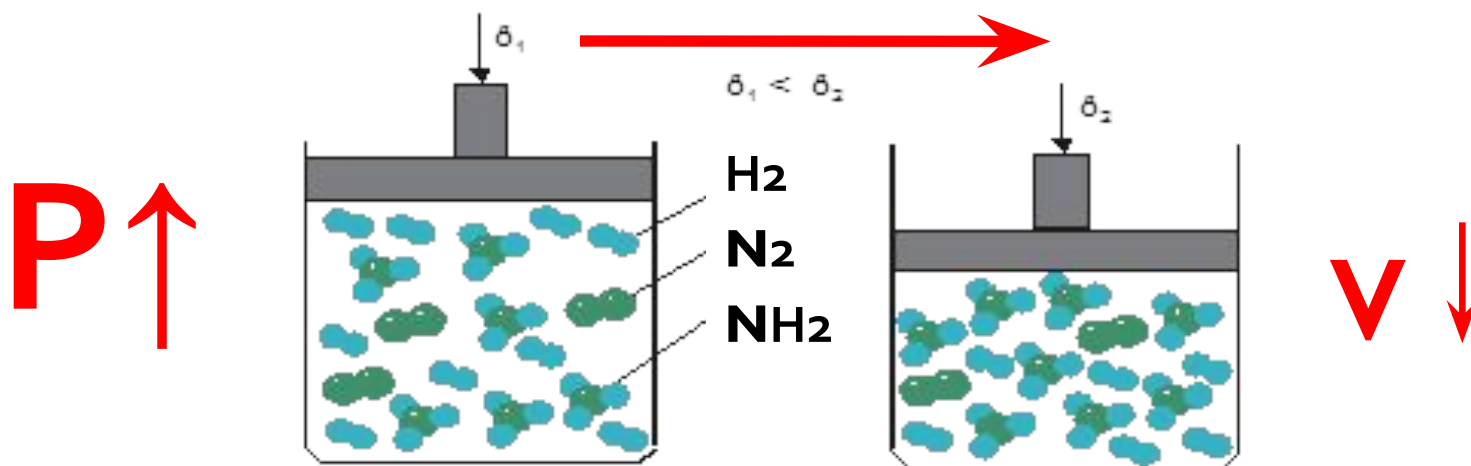
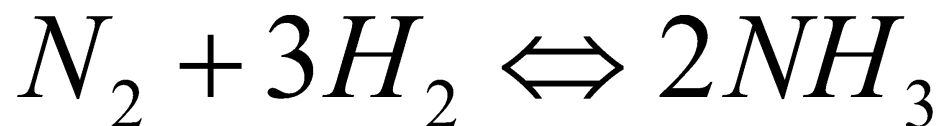


Влияние изменения концентрации веществ

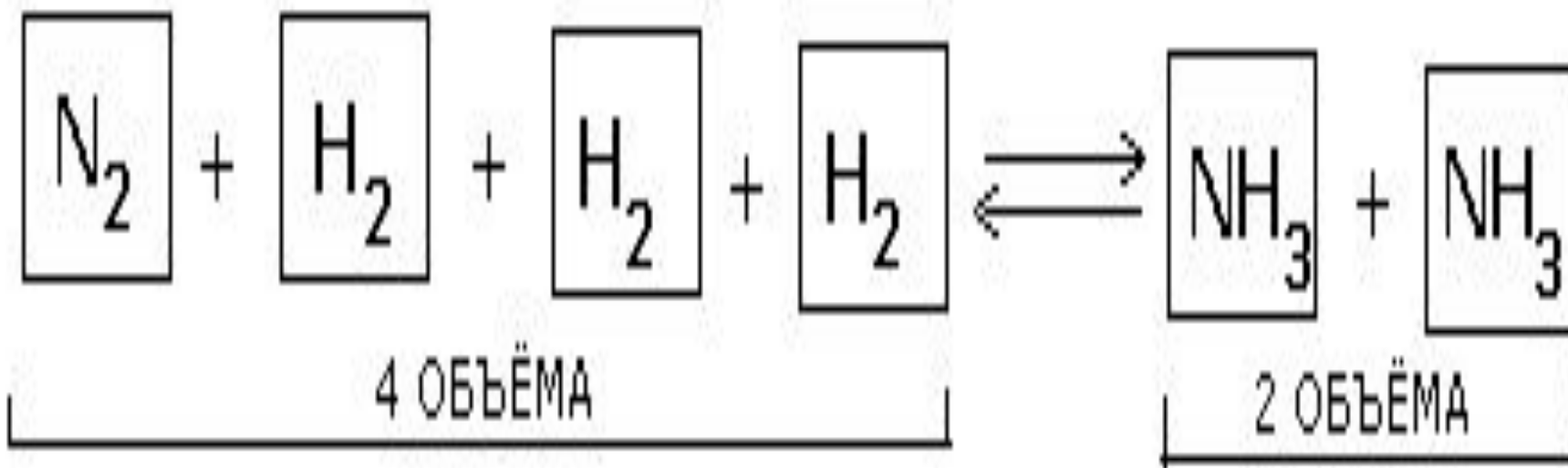
- При увеличении концентрации одного из веществ равновесие смещается в сторону его расходования.
- При уменьшении концентрации – в сторону его образования.

Влияние изменения давления

При **увеличении давления** равновесие смещается в сторону той реакции, при которой **объем** образующихся газов **меньше**.



- **Влияние давления на состояние равновесия проявляется только при наличии в системе газов !!!**

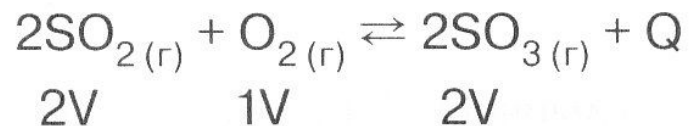


При повышении давления равновесие сместится туда, где молей меньше (где объемов меньше)!!!

Катализатор:

- **не влияет** на смещение химического равновесия (он лишь ускоряет процесс его достижения)

Пример 1: В какую сторону сместится равновесие?



Увеличение концентрации исходных веществ SO_2 и O_2

Уменьшение концентрации SO_3

Уменьшение температуры смеси

Увеличение давления

в сторону образования продукта реакции SO_3

в сторону образования исходных веществ SO_2 и O_2

Увеличение концентрации SO_3

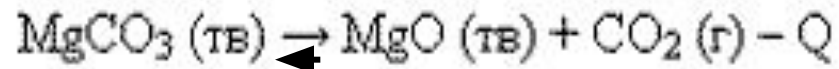
Уменьшение концентрации SO_2 и O_2

Увеличение температуры смеси

Уменьшение давления

Катализатор не оказывает влияние на смещение химического равновесия.

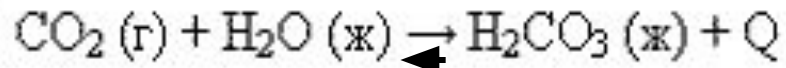
Пример 2: В какую сторону сместится равновесие?



$t^\circ \downarrow$ $C_{\text{CO}_2} \downarrow$

$t^\circ \uparrow$ $C_{\text{CO}_2} \downarrow$

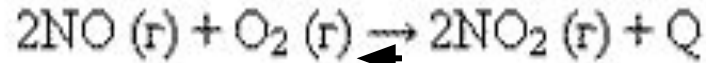
$t^\circ \uparrow$ $C_{\text{CO}_2} \uparrow$



$t^\circ \uparrow$ $C_{\text{CO}_2} \uparrow$

$t^\circ \downarrow$ $C_{\text{CO}_2} \uparrow$

$t^\circ \uparrow$ $C_{\text{CO}_2} \downarrow$



$p \uparrow$ $C_{\text{O}_2} \uparrow$ $t^\circ \downarrow$

$p \downarrow$ $C_{\text{O}_2} \uparrow$ $t^\circ \uparrow$

$p \uparrow$ $C_{\text{O}_2} \downarrow$ $t^\circ \uparrow$

Концентрацию, каких веществ надо увеличить, чтобы сместить равновесие $2\text{NO} + \text{Cl}_2 = 2\text{NOCl} + \text{Q}$ влево?

а) NO;

б) Cl_2 ;

в) NOCl;

г) само сместится со временем.