

# Скорость химических реакций

*Закон действия масс* скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степени их стехиометрических коэффициентов.

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

$$V = kC_A^a C_B^b$$

где  $k$  – константа скорости реакции,  
 $C_A^a$  и  $C_B^b$  – концентрации исходных веществ А и В.

Задача 1. Как изменится скорость химической реакции  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} = 2NH_{3(g)}$  при увеличении концентрации реагирующих веществ в 2 раза.

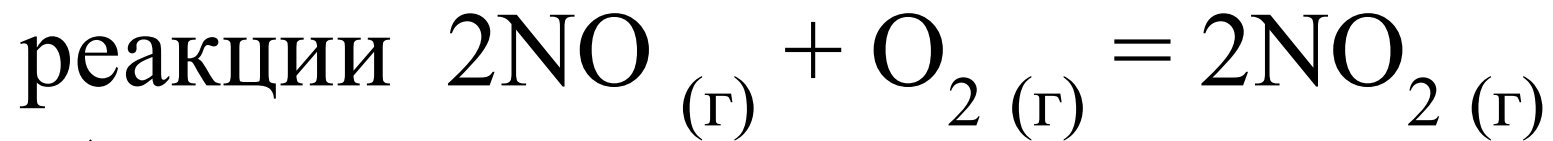
$$V = k \cdot$$

Увеличим концентрацию  $N_2$  в 2 раза:

$$\frac{V_1}{V} = \frac{k \cdot 2C_{N_2} \cdot (2C_{H_2})^3}{k \cdot C_{N_2} \cdot C_{H_2}^3} = 16$$

Скорость увеличиться в 16 раз

Задача 2. Как изменится скорость химической



а) при увеличении давления в 2 раза.

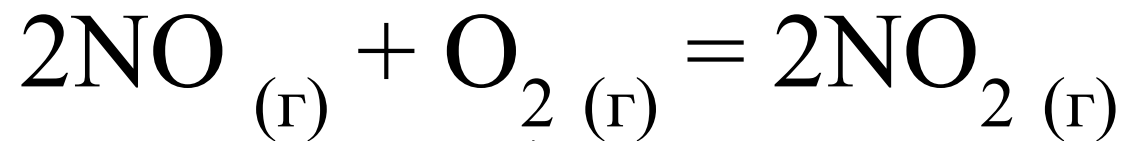
$$V = k \cdot$$

Увеличить давление в 2 раза = увеличить  
концентрацию в 2 раза:

$$V_1 = k \cdot$$

$$(2C_{\text{NO}})^2 \cdot 2C_{\text{O}_2}$$

Скорость увеличиться в 8 раз



б) при уменьшении объема реакционного сосуда в 3 раза.

$$V = k \cdot$$

Уменьшить объем реакционного сосуда в 3 раза  
 = увеличить концентрацию в 3 раза:

$$V_1 = k \cdot (3C_{\text{NO}})^2 \cdot 3C_{\text{O}_2}$$

Скорость увеличиться в 27 раз

Задача 3. Найти значение константы скорости реакции  $A_{(г)} + B_{(г)} = AB_{(г)}$ , если при концентрациях веществ А и В, равных соответственно 0,05 и 0,01 моль/л, скорость реакции равна  $5 \cdot 10^{-5}$  моль/л·мин.

Задача 4. Во сколько раз изменится скорость химической реакции  $2A_{(г)} + B_{(г)} = A_2B_{(г)}$ , если концентрацию вещества А увеличить в 2 раза, а концентрацию вещества В уменьшить в 2 раза?

Задача 5. Во сколько раз следует увеличить концентрацию вещества В в реакции  $2A_{(г)} + B_{(г)} = A_2B_{(г)}$ , чтобы при уменьшении концентрации вещества А в 4 раза, скорость прямой реакции не изменилась?



## *Правило Вант-Гоффа*

При повышении температуры на каждые 10 °С скорость реакции увеличивается примерно в 2-4 раза

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

где  $V_1$  и  $V_2$  скорость реакции при температуре  $t_1$  и  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ),  
 $\gamma$  – температурный коэффициент скорости реакции.

Задача 6. Во сколько раз увеличится скорость химической реакции, при повышении температуры от 10 до 40 °С, если  $\gamma = 3$

Решение:

$$\frac{V_2}{V_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = 3^{\frac{40 - 10}{10}} = 27$$

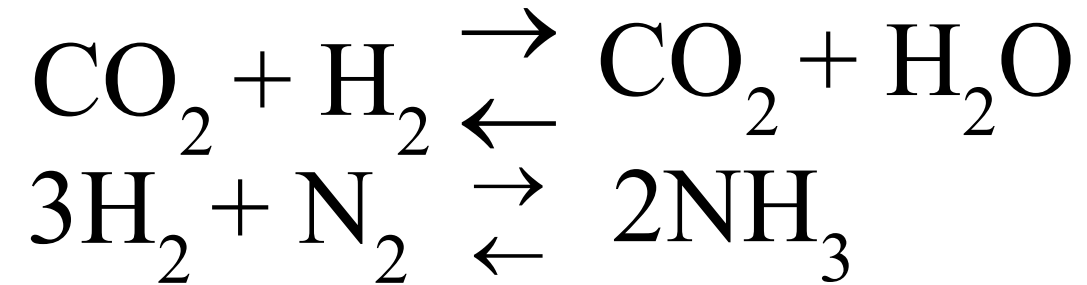
Задача 7. Температурный коэффициент скорости реакции = 2,3. Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры на 25°C.

Задача 8. Чему равен температурный коэффициент скорости реакции, если при увеличении температуры на 30°C, скорость реакции возрастает в 15,6 раз?

Задача 9. Две реакции протекают при  $25^{\circ}\text{C}$  с одинаковой скоростью. У первой реакции  $\gamma_1 = 2$ , а второй  $\gamma_2 = 2,5$ . Найти отношение скоростей этих реакций при  $95^{\circ}\text{C}$ .

# ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

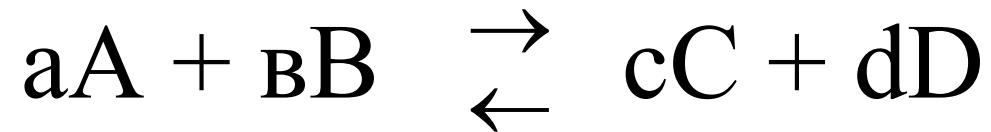
## *Обратимые реакции*



→ – прямая реакция

← – обратная реакция

С течением времени скорость прямой реакции уменьшается, и через некоторый промежуток времени наступает **химическое равновесие**, когда скорости прямой и обратной реакции равны



где А и В – исходные вещества,  
а и в – стехиометрические коэффициенты

В условиях равновесия  $\overset{\rightarrow}{V} = \overset{\leftarrow}{V}$

$$\overset{\rightarrow}{k} [A]^a [B]^b = \overset{\leftarrow}{k} [C]^c [D]^d$$

$$K_P = \frac{\overset{\rightarrow}{k}}{\underset{\leftarrow}{k}} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

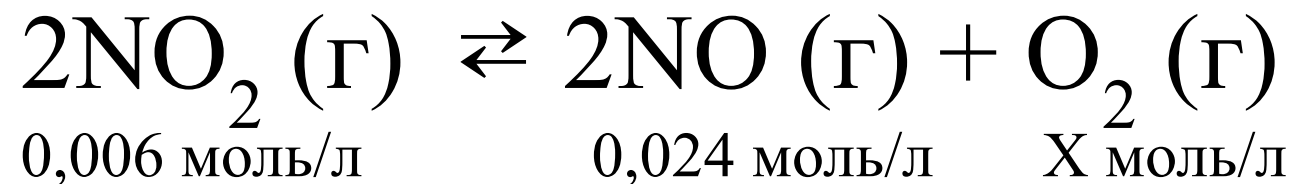
**$K_p$  - Константа равновесия**

Задача 10. Равновесие в системе

$2\text{NO}_2 (\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NO} (\text{г}) + \text{O}_2 (\text{г})$  установилось при следующих равновесных концентрациях:

$[\text{NO}_2] = 0,006$  моль/л,  $[\text{NO}] = 0,024$  моль/л. Найти константу равновесия и исходную концентрацию  $\text{NO}_2$ .

Решение:



По уравнению:  $2 \text{ моль NO} \rightarrow 1 \text{ моль O}_2$

По условию:  $0,024 \text{ моль NO} \rightarrow X \text{ моль O}_2$

$$X = 0,012 \text{ моль} = [\text{O}_2]$$



$$K_p = \frac{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,024^2 \cdot 0,012}{0,006^2} = 0,192$$

Найдем исходную концентрацию  $\text{NO}_2$

$$C_{\text{NO}_2}^{\text{исх}} = [\text{NO}_2] + C_{\text{NO}_2}^{\text{прореагировало}}$$

По уравнению: 2 моль  $\text{NO}_2 \rightarrow 2$  моль  $\text{NO}$

По условию: X моль  $\text{NO}_2 \rightarrow 0,024$  моль  $\text{NO}$

X=0,024 моль  $\text{NO}_2$  прореагировало

$$C_{\text{NO}_2}^{\text{исх}} = 0,006 + 0,024 = 0,03 \text{ моль/л}$$

Задача 11. Равновесие в системе

$\text{H}_2 (\text{г}) + \text{I}_2 (\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{HI} (\text{г})$  установилось при следующих равновесных концентрациях:

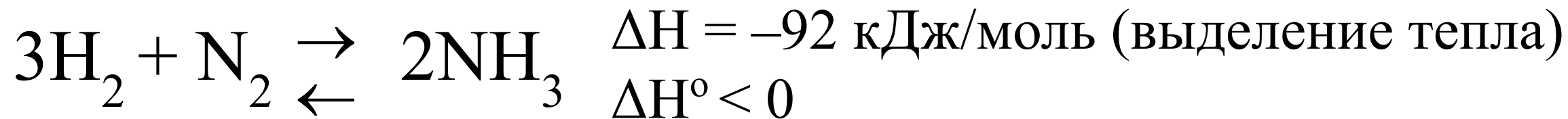
$[\text{H}_2] = 0,025$  моль/л,  $[\text{I}_2] = 0,005$  моль/л,

$[\text{HI}] = 0,09$  моль/л. Определите исходные концентрации йода и водорода и константу равновесия.

## **Правило Ле Шателье:**

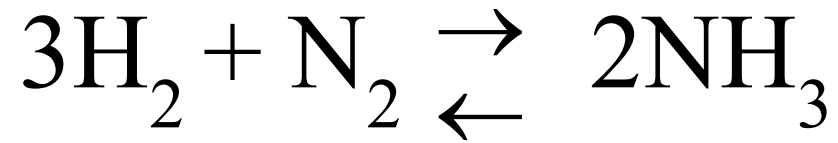
**Если на систему, находящуюся в равновесии, оказывать внешнее воздействие, то состояние равновесия смещается в том направлении, которое ослабляет влияние этого воздействия**

Задача 12. В какую сторону сместится равновесие в обратимой реакции а) при повышении температуры, б) при повышении давления.



а) т.к. прямая реакция экзотермическая (с выделением тепла), то обратная реакция – эндотермическая (с поглощением тепла).

При нагревании система стремится к охлаждению,  $\Rightarrow$  равновесие сместится в сторону реакции в которой тепло поглощается (обратная реакция)  $\leftarrow$



4 молекулы газа

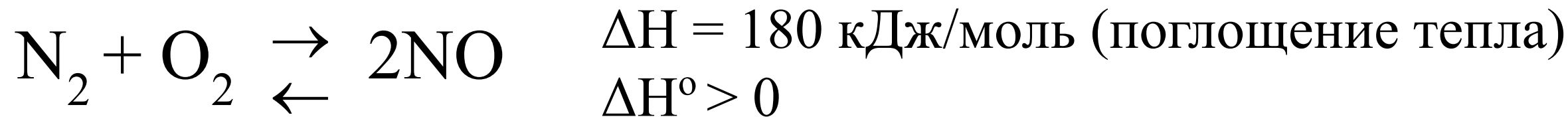
2 молекулы газа

б) Давление оказывает влияние на газообразные вещества. Чем больше молекул газа, тем больше давление.

При повышении давления система стремится сместить равновесие в сторону уменьшения давления, т.е. в сторону меньшего количества молекул газа.

В данном случае – в прямом направлении.

Задача 13. В какую сторону сместится равновесие в обратимой реакции а) при повышении температуры, б) при повышении давления.



Задача 13. В какую сторону сместится равновесие в обратимой реакции а) при понижении температуры, б) при понижении давления.

