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 $N_{2\ (г)} + 3H_{2\ (г)} = 2NH_{3\ (г)}$ при увеличении концентрации реагирующих веществ в 2 раза.

$$V = k \cdot C_{N_2} \cdot C_{H_2}^{3}$$

Увеличим концентрацию 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 реакции $2NO_{(г)} + O_{2\,(г)} = 2NO_{2\,(г)}$

а) при увеличении давления в 2 раза.

$$V = k \cdot C_{NO}^2 \cdot C_{O_2}$$

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

$$V_1 = k \cdot (2C_{NO})^2 \cdot 2C_{O_2}$$

Скорость увеличиться в 8 раз

$$2NO_{(г)} + O_{2\,(г)} = 2NO_{2\,(г)}$$

б) при уменьшении объема реакционного сосуда в 3 раза.

$$V = k \cdot C_{NO}^2 \cdot C_{O_2}$$

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

$$V_1 = k \cdot (3C_{NO})^2 \cdot 3C_{O_2}$$

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 ($t_2 > t_1$),
γ – температурный коэффициент скорости реакции.

Задача 6. Во сколько раз увеличится скорость химической реакции, при повышении температуры от 10 до 40 ^{o}C, 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°С.

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

<u>Задача 9.</u> Две реакции протекают при 25°С с одинаковой скоростью. У первой реакции $\gamma_1 = 2$, а второй $\gamma_2 = 2{,}5$. Найти отношение скоростей этих реакций при 95°С.

ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Обратимые реакции

$$CO_2 + H_2 \rightleftarrows CO_2 + H_2O$$

$$3H_2 + N_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

$\longrightarrow$ – прямая реакция

$\longleftarrow$ – обратная реакция

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

$$aA + вB \rightleftarrows cC + dD$$

где A и B – исходные вещества,
а и в – стехиометрические коэффициенты

<u>В условиях равновесия</u> $\vec{V} = \overleftarrow{V}$

$$\vec{k}\,[A]^a\,[B]^b = \overleftarrow{k}\,[C]^c\,[D]^d$$

$$K_P = \frac{\overrightarrow{k}}{\overleftarrow{k}} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

K_p - Константа равновесия

Задача 10. Равновесие в системе

$2NO_2$ (г) ⇄ 2NO (г) + O_2 (г) установилось при следующих равновесных концентрациях:

$[NO_2]$ = 0,006 моль/л, [NO] = 0,024 моль/л. Найти константу равновесия и исходную концентрацию NO_2.

Решение:

$$2NO_2\ (г) \rightleftarrows 2NO\ (г) + O_2\ (г)$$

0,006 моль/л 0,024 моль/л X моль/л

По уравнению: 2 моль NO → 1 моль O_2

По условию: 0,024 моль NO → X моль O_2

X=0,012 моль = $[O_2]$

$$K_p = \frac{[NO]^2 \cdot [O_2]}{[NO_2]^2} = \frac{0{,}024^2 \cdot 0{,}012}{0{,}006^2} = 0{,}192$$

Найдем исходную концентрацию NO_2

$C_{NO_2}^{исх} = [NO_2] + C_{NO_2}^{прореагировало}$

По уравнению: 2 моль $NO_2 \rightarrow$ 2 моль NO

По условию: X моль $NO_2 \rightarrow$ 0,024 моль NO

X=0,024 моль NO_2 прореагировало

$C_{NO_2}^{исх} = 0{,}006 + 0{,}024 = 0{,}03$ моль/л

Задача 11. Равновесие в системе

H_2 (г) + I_2 (г) ⇄ 2HI (г) установилось при следующих равновесных концентрациях:

[H_2] = 0,025 моль/л, [I_2] = 0,005 моль/л,

[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 сместиться равновесие в обратимой реакции а) при повышении температуры, б) при повышении давления.

$$3H_2 + N_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

$\Delta H = -92$ кДж/моль (выделение тепла)
$\Delta H^o < 0$

а) т.к. прямая реакция экзотермическая (с выделением тепла), то обратная реакция – эндотермическая (с поглощением тепла).
При нагревании система стремиться к охлаждению, ⇒ равновесие сместиться в сторону реакции в которой тепло поглощается (обратная реакция) ←

$$3H_2 + N_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

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 сместиться равновесие в обратимой реакции а) при повышении температуры, б) при повышении давления.

$$N_2 + O_2 \rightleftarrows 2NO$$

$\Delta H = 180$ кДж/моль (поглощение тепла)

$\Delta H^o > 0$

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

$$2CO + O_2 \rightleftarrows 2CO_2 \qquad \Delta H = -566 \text{ кДж/моль}$$