

Группа:

Дата выполнения работы:

09-10-19 +3

Лабораторная работа

ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Цель работы: ознакомиться с понятием хим. равновесия в замкнутой реакции и изучить факторы, влияющие на составы химического равновесия.

Основные понятия: химическое равновесие, закон действующих масс, динамический характер химического равновесия, подвижность химического равновесия, принцип подвижности равновесия Ле Шателье – Брауна, равновесный состав реакционной смеси, константа равновесия.

Химическое равновесие (определение): состояние хим. системы, при котором в замкнутой реакции, идущей с равными скоростями в против. направлениях, при тех же равновесных концентрациях реагентов, t и других параметрах системы не меняется со временем.

Термодинамическое условие равновесия: способность сохранять неизменный состав системы, при отступлении от внешних воздействий

?

$$\Delta G = 0$$

Кинетическое условие равновесия:

$$v_{пр} = v_{обр}$$

Константа равновесия (определение): K_p, K_c, K_x, K^0 - отношение произведения равновесных концентраций продуктов реакции, взятых в степенях их стехиометрических коэффициентов, к произведению равновесных концентраций исходных веществ, взятых в степенях их стехиометрических коэффициентов.

Способы выражения констант равновесия K_c, K_p, K_x :

$$K_c = \frac{[D]^{\nu_D} [F]^{\nu_F}}{[A]^{\nu_A} [B]^{\nu_B}}; \quad K_p = \frac{P_D^{\nu_D} P_F^{\nu_F}}{P_A^{\nu_A} P_B^{\nu_B}}; \quad K_x = \frac{X_D^{\nu_D} X_F^{\nu_F}}{X_A^{\nu_A} X_B^{\nu_B}}$$

Связь между константами равновесия:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta \nu}; \quad K_p = K_x (P_0)^{\Delta \nu}, \quad \text{где } \Delta \nu_{\text{реак}} = (\nu_D + \nu_F) - (\nu_A + \nu_B)$$

Принцип Ле-Шателье – Брауна:

Если на систему, находящуюся в равновесии, оказать внешнее воздействие, то в системе происходит смещение равновесия в направлении процесса, ослабляющего оказываемое воздействие.

Практическая часть

Опыт 1. Влияние концентрации веществ на смещение химического равновесия

Реагенты: растворы FeCl₃, NH₄NCS

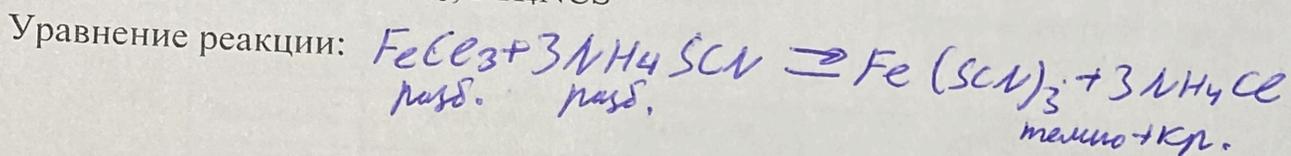


Таблица 1. Результаты опыта

Наблюдения		Изменение концентрации				Выводы
Добавляемое вещество	Изменение окраски раствора	FeCl ₃	NH ₄ NCS	Fe(NCS) ₃	NH ₄ Cl	Смещение равновесия (вправо, влево)
Эталон	красная	Установившееся равновесие				↔
FeCl ₃	усиление цвета	увел-ся	↓	↑	↑	→
NH ₄ NCS	темно-кр.	↓	увел-ся	↑	↑	→
NH ₄ Cl	осветление	↑	↑	↓	увел-ся	←

Выводы: (Укажите направление смещения равновесия при изменении концентраций реагентов или продуктов реакции, напишите выражение константы равновесия K_c и объясните, изменяется или остается постоянной константа равновесия при изменении концентрации реагентов)

$$K_c = \frac{[\text{Fe}(\text{NCS})_3] \cdot [\text{NH}_4\text{Cl}]^3}{[\text{FeCl}_3] \cdot [\text{NH}_4\text{NCS}]^3} = \text{const}$$

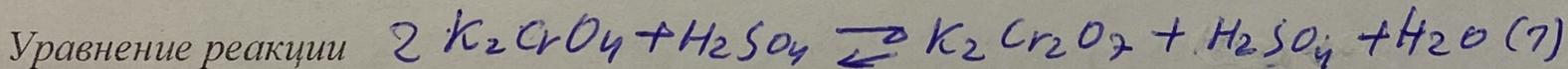
1) При добавлении к FeCl₃ вещ-ва NH₄NCS (разб.) окраска становится ярко-красной

2) При добавлении NH₄Cl (конц.) цвет становится темнее.

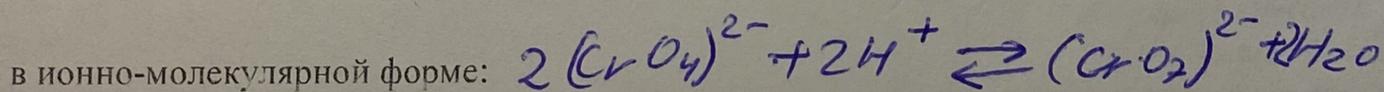
Увеличение концентрации реагентов смещает равновесие в сторону протекания прямой р-ии.

Опыт 2. Влияние кислотности среды на положение химического равновесия

Реагенты: растворы K₂CrO₄, H₂SO₄



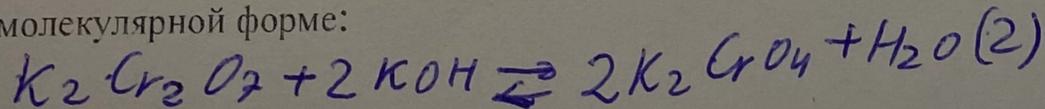
в молекулярной форме:



Реагенты: растворы K₂Cr₂O₇, KOH

Уравнение реакции

в молекулярной форме:



в ионно-молекулярной форме:

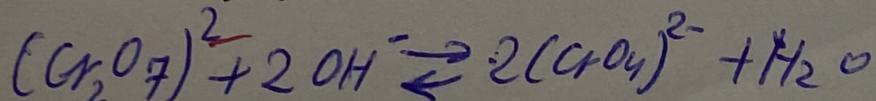


Таблица 2. Результаты опыта

Исходный раствор		Добавляемое вещество	Изменение окраски	Уравнение реакции в ионно-молекулярной форме	Смещение положения равновесия $\text{CrO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
состав	окраска				
K_2CrO_4	желтый	кислота	оранж.	(1)	\rightarrow
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	оранж.	щелочь	желтый	(2)	\leftarrow

Выводы: (Объясните смещение положения равновесия при изменении pH среды, укажите, в какой среде устойчив каждый ион)

При добавлении H_2SO_4 кислотность среды уменьшается
 Равновесие смещается в сторону $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
 Ион $(\text{CrO}_4)^{2-}$ и $(\text{Cr}_2\text{O}_7)^{2-}$ в растворе существует совместно
 Ион $(\text{CrO}_4)^{2-}$ устойчив в щелочной среде
 Ион $(\text{Cr}_2\text{O}_7)^{2-}$ устойчив в кислотной среде

Опыт 3. Влияние температуры на смещение равновесия

Реагенты: водный раствор йода I_2 , крахмал $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$

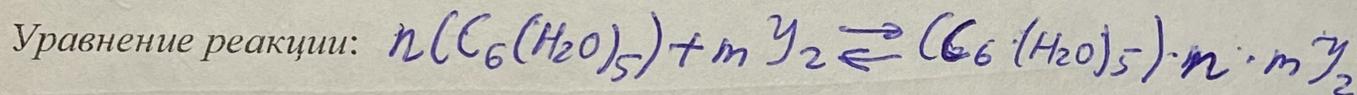


Таблица 3. Результаты опыта

Образец	Окраска раствора	Смещение равновесия	Знак $\Delta_r H^0$	
			прямой	обратной
Эталон	темно-синий	\rightleftharpoons		
После нагревания	обесцвет	\leftarrow	$\Delta H < 0$	$\Delta H > 0$
После охлаждения	возвр. окраски	\rightarrow	$\Delta H < 0$	$\Delta H > 0$

Выводы: (Укажите, какая из реакций - прямая или обратная - является эндотермической, объясните, как согласуются наблюдения с принципом Ле Шателье - Брауна, сформулируйте принцип)

Обратная реакция $\Delta H > 0$ - эндотермическая
 Прямая реакция $\Delta H < 0$ - экзотермическая
 } соот. принципу Ле-Шателье
 если на систему находящуюся в равновесии оказывать внеш. воздействие, то в след. процессу дит смещение равновесия в направлении процесса, ослаб. воздейств. (облаб.)

Задача: Вариант №5

1. Для реакции $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ при $T = 700\text{K}$ равновесные концентрации равны $C_{N_2} = 0,3$, $C_{H_2} = 0,4$, $C_{NH_3} = 0,08$ (моль/л). Рассчитать константы равновесия K_c и K_p и исходные концентрации N_2 и H_2 .

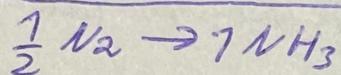
Дано:
 $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$
 $T = 700\text{K}$
 $C_{N_2} = 0,3$ (моль/л)
 $C_{H_2} = 0,4$ (моль/л)
 $C_{NH_3} = 0,08$ (моль/л)

$$1) K_c = \frac{C_{NH_3}^2}{C_{N_2} \cdot C_{H_2}^3} = \frac{(0,08)^2}{0,3 \cdot (0,4)^3} = \frac{1}{3}; K_p = \frac{C_{NH_3}^2 \cdot R^2 T^2}{C_{N_2} \cdot R T \cdot C_{H_2}^3 \cdot R^3 T^3} \Rightarrow \Rightarrow \frac{K_c}{R^2 T^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{(8,31)^2 \cdot 490000} \ominus$$
$$P = CRT \quad \ominus 9,9 \cdot 10^{-9}$$

Исходные концентрации:

$$2) 2NH_3 \rightarrow 1 \text{ моль азота} \quad x_1 = \frac{0,08}{2} = 0,04$$

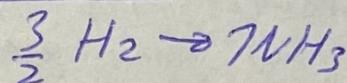
$$0,08 NH_3 \rightarrow x_1$$



$$x \rightarrow 0,08 NH_3$$

$$\frac{1}{2} \cdot 0,08 = 0,04 \text{ моль/л}$$

$$C_{N_2} = 0,04 + 0,3 = 0,34 \text{ моль/л}$$



$$x \rightarrow 0,08 NH_3$$

$$\frac{3}{2} \cdot 0,08 = 0,12 \text{ моль/л}$$

$$C_{H_2} = 0,52 \text{ моль/л}$$

Ответ: $K_c = \frac{1}{3}$; $K_p = 9,9 \cdot 10^{-9}$; $C_{N_2} = 0,34$ моль/л;
 $C_{H_2} = 0,52$ моль/л.

2. Объясните, в каком направлении сместится равновесие $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

1) Повышение температуры приводит к смещению химического равновесия в направлении реакции, сопровождающейся выделением теплоты, т.е. в сторону экзотермической реакции. Смещится вправо, в сторону конечных продуктов.

2) Повышение давления вызывает смещение химического равновесия в направлении увеличения общего числа молей газообразных веществ. Равновесие сместится влево, т.е. в сторону реагентов.

3) Увеличение концентрации одного из исходных веществ приводит к сдвигу хим. равновесия в направлении прямой реакции. Равновесие сместится вправо, т.е. в сторону конечных продуктов.

3