

Министерство образования Российской Федерации

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Общая и неорганическая химия"



РАВНОВЕСИЕ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Методические указания к практическим занятиям по
курсу общей химии

Нижний Новгород 2002

Составители: О.Н.Ковалева, Т.В. Сазонтьева, А.Д.Самсонова,
Ю.В.Батталова, С.В. Краснодубская

УДК 54 (07)

Равновесие в растворах электролитов: Метод. указания к
практическим и лаб. занятиям по курсу общей химии/ НГТУ,
Сост.: О.Н.Ковалева, Т.В.Сазонтьева и др. Н.Новгород, 2002
Эл.б.

Предложены краткое описание теории, вопросы, задачи для
практических занятий и контроля знаний, а также описания к
лабораторным работам

Научный редактор Ю.М.Тюрин
Редактор И.И.Морозова

Подп. к печ. 20.05.02 Формат 60x84 1/16. Бумага газетная.
Печать офсетная Печ л 2,0 Уч-изд л. 1,6. Тираж 2000 экз.
Заказ 374

Нижегородский государственный технический университет.
Типография НИ ТУ 603600, Н.Новгород, ул.Минина, 24.

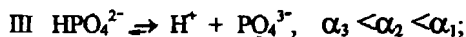
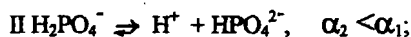
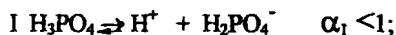
©Нижегородский государственный
технический университет, 2002

Электролиты – химические вещества и системы, в которых прохождение электрического тока осуществляется за счёт движения ионов. Такие проводники относятся к проводникам второго рода. Причиной проводимости является электролитическая диссоциация (ионизация) – самопроизвольный распад электролитов на ионы: а) под действием полярных молекул растворителя (вода, спирты, кислоты и т.д.)- образование растворов; б) в результате термического распада – образование расплавов. В зависимости от степени диссоциации $\alpha = n/N$, (где n – доля распавшихся молекул, N общее число растворённых молекул) электролиты подразделяются на сильные ($\alpha \approx 1$), слабые ($\alpha < 0,03$) и средней силы ($0,03 < \alpha < 0,3$).

Диссоциация кислот, оснований

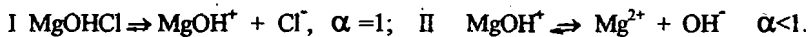
Диссоциация кислот и оснований протекает ступенчато: последовательно отщепляется ион H^+ (или OH^-), т.е. число ступеней зависит от основности кислоты (числа атомов H^+) или от кислотности основания (числа гидроксильных групп OH^-).

Например: диссоциация H_3PO_4 протекает в три ступени:

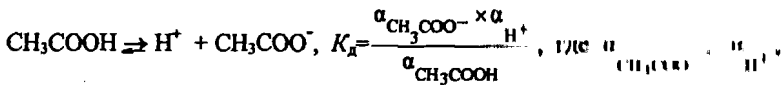


а $Zn(OH)_2$ в две ступени: I $Zn(OH)_2 \rightleftharpoons ZnOH^+ + OH^-$; II $ZnOH^+ \rightleftharpoons Zn^{2+} + OH^-$.

Процесс диссоциации солей определяется типом соли: средние соли - распадаются одноступенчато, диссоциация кислых и основных определяется «остатком» кислоты (или основания) в составе соли. Например, основная соль $MgOHCl$ диссоциирует в 2 ступени:



Обратимый процесс распада слабых электролитов характеризуется константой диссоциации K_d . Например, для слабой уксусной кислоты процесс диссоциации которой идет в соответствии с уравнением



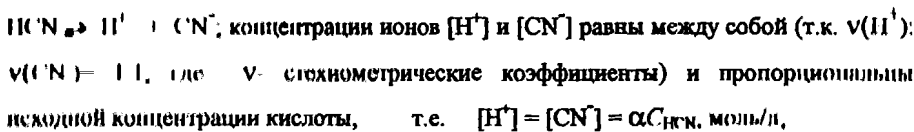
$\alpha_{\text{CH}_3\text{COOH}}$ - активность ионов CH_3COO^- , H^+ и молекул CH_3COOH (моль/л). В дальнейшем для разбавленных растворов будем считать активность и концентрацию (моль/л) численно равными $\alpha_{\text{H}^+} = [\text{H}^+]$, $\alpha_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = [\text{CH}_3\text{COO}^-]$,

$$\alpha_{\text{CH}_3\text{COOH}} = [\text{CH}_3\text{COOH}], \text{ тогда } K_d = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

В зависимости от величины K_d по степени диссоциации электролиты делятся следующим образом: если $K_d \approx 1$ - сильные, $1 \cdot K_d > 10^{-4}$ - средние, $K_d < 10^{-4}$ - слабые.

Задача 1. Рассчитать концентрацию ионов водорода и цианида в растворе HCN , если $\alpha = 0,0042$.

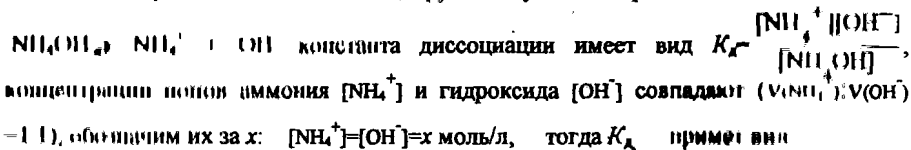
Решение. Диссоциация цианистоводородной кислоты протекает по уравнению



$$\text{Тогда } [\text{H}^+] = [\text{CN}^-] = 0,0042 \cdot 0,001 = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л.}$$

Задача 2. Рассчитать концентрацию ионов водорода и гидроксид-ионов в 0,01 М растворе NH_4OH , если $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$

Решение. Гидроксид аммония диссоциирует следующим образом:



$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,01-x}. \text{ Считая, что } x \ll 0,01, \text{ решаем уравнение } 1,8 \cdot 10^{-5} \approx x^2/0,01, \text{ относительно } x: x = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} \times 0,01} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-8}} = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л, } [\text{OH}^-] = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Концентрации ионов водорода и гидроксида связаны константой ионное произведение воды $K_w=[H^+][OH^-]=1\cdot 10^{-14}$, выразим концентрацию ионов водорода $[H^+]=K_w/[OH^-]$ и рассчитаем её значение $[H^+]=1\cdot 10^{-14}/4,2\cdot 10^{-4}\cong 2,3\cdot 10^{-11}$ моль/л.

Диссоциация воды. рН - водородный показатель

Вода хотя и весьма незначительно, но все же диссоциирует на ионы:

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$. Следовательно, вода является типичным амфотерным электролитом, т.е. она может действовать в равной степени и как кислота и как основание. Установлено, что константа ионизации воды равна

$$K_D = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = 1,8 \cdot 10^{-16}$$

Судя по значению этой величины, вода является очень слабым электролитом. Произведение концентраций водородных и гидроксид-ионов, являющееся при данной температуре постоянной величиной, называется ионным произведением воды, его обозначают K_w . При $25^{\circ}C$ $K_w=[H^+][OH^-]=10^{-14}$.

Для процесса $H^+_{(p)} + OH^-_{(p)} \rightarrow H_2O$, $\Delta H^{\circ}_{298}=-56\text{кДж/моль}$; диссоциация же воды является эндотермическим процессом. Отсюда в соответствие с принципом Ле-Шателье температура будет оказывать влияние на K_w .

Для характеристики кислотности раствора применяют водородный показатель – рН. $pH = -\lg[H^+]$, где $[H^+]$ - концентрация ионов водорода в моль/л.

Т.к. $K_w \neq 0$, то и не может быть водного раствора, в котором концентрация H^+ или OH^- равнялась бы нулю. Следовательно, в любом водном растворе присутствуют совместно ионы H^+ и OH^- . Для нейтральной среды $[H^+]=[OH^-]=\sqrt{10^{-14}}=10^{-7}$ моль/литр, следовательно $pH=7$. В кислой среде $[H^+]>10^{-7}$, т.е. $0 < pH < 7$, в щелочной среде $[OH^-]>10^{-7}$, т.о., $7 < pH \leq 14$.

Задача 3. Определить рН 0,002 М раствора HCl ($\alpha=1$).

Решение. Диссоциация соляной кислоты протекает по уравнению

$\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$, концентрация ионов водорода $[\text{H}^+] = C_{\text{HCl}} = 0,002 = 2 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Водородный показатель $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(2 \cdot 10^{-3}) = -(\lg 2 + \lg 10^{-3}) = -(0,3 + (-3)) = 2,7$. Ответ: $\text{pH} = 2,7$.

Задача 4. Определить молярную концентрацию гидроксида аммония, если $\text{pH} = 11$, а $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

Решение. Концентрация ионов водорода $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-11}$ моль/л. Из ионного произведения воды определяем концентрацию $[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] = 10^{-14} / 10^{-11} = 10^{-3}$ моль/л.

Гидроксид аммония - слабое основание характеризуется уравнением диссоциации $\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{NH}_4^+$. Запишем выражение для

константы диссоциации $K_d = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$ и из него выразим концентрацию $[\text{NH}_4\text{OH}] =$

$\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{K_d}$. Исходя из уравнения диссоциации $[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-3}$, тогда

$[\text{NH}_4\text{OH}] = (10^{-3})^2 / 1,8 \cdot 10^{-5} = 0,056$ моль/л.

Произведение растворимости

Многие электролиты обладают ограниченной растворимостью в воде. Поэтому возникают системы, для которых в состоянии равновесия находится осадок и насыщенный раствор электролита полностью распадающийся на ионы (табл. 1)

$K_d A_m \rightleftharpoons n K^{+m} + m A^{-n}$
осадок раствор

Для описания этой гетерогенной реакции используют константу равновесия, называемую произведением растворимости $\text{IP} = [K^{+m}]^n [A^{-n}]^m$, где $[K^{+m}]$ и $[A^{-n}]$ - концентрации ионов в насыщенном растворе (моль/л).

$\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$, $\text{IP} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$; здесь $n=m=1$.

$\text{PbI}_2 \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^-$, $\text{IP} = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2$; здесь $n=1$, $m=2$.

ПР зависит от природы растворенного вещества, растворителя и температуры. Зная ПР, можно вычислить растворимость вещества, оценить выпадает ли в данных условиях осадок. Для этого надо подставить в выражение ПР активности (концентрации) ионов и сравнить полученное значение со справочным. Если произведение неравновесных концентраций ионов превысит величину ПР, то образуется осадок. Если произведение концентрации ионов меньше величины ПР, то осадок не образуется.

Задача 5. Растворимость $Mg(OH)_2$ равна $1,1 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Записать выражение и вычислить величину ПР.

Решение. В насыщенном растворе $Mg(OH)_2$ устанавливается равновесие



Зная концентрации ионов, можно найти его численное значение. При полной диссоциации $Mg(OH)_2$ общая концентрация насыщенного раствора $[Mg(OH)_2] = [Mg^{2+}] = 1/2[OH^-]$, т.е. $[Mg^{2+}] = 1,1 \cdot 10^{-4}$ моль/л, а $[OH^-] = 2,2 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Следовательно, $ПР = [Mg^{2+}][OH^-]^2 = 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot (2,2 \cdot 10^{-4})^2 = 5,3 \cdot 10^{-12}$.

Задача 6. Вычислить растворимость и ПР хромата серебра (I), если в 500мл воды растворяется 0,011 г соли.

Решение. Для определения молярной концентрации насыщенного раствора Ag_2CrO_4

воспользуемся формулой $C_M = \frac{m}{MV}$, где m - масса растворенного вещества (г), M - молярная масса (г/моль), V - объем раствора (л). $M(Ag_2CrO_4) = 332$ г/моль. $C_M =$

$$= \frac{0,011}{332 \times (0,5)} = 9,48 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л. Растворение хромата серебра(I) сопровождается полной}$$

($\alpha=1$) диссоциацией $Ag_2CrO_4 \rightarrow 2Ag^+ + CrO_4^{2-}$, $ПР = [Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$, где $[CrO_4^{2-}] =$

$1/2[Ag^+] = [Ag_2CrO_4] = 9,48 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Таким образом, $ПР = (18,96 \cdot 10^{-5})^2 (9,48 \cdot 10^{-5}) =$

$$= 3,4 \cdot 10^{-12}.$$

Задача 7. Можно ли приготовить растворы соли с концентрациями 0,01 М и 0,00001

М $CaCO_3$. $ПР = 4,8 \cdot 10^{-9}$.

Решение. Зная величину ПР, можно установить, выпадает ли осадок или идет полное растворение вещества. Если произведение концентраций ионов в данном растворе $[Ca^{2+}][CO_3^{2-}] > ПР$, то образуется осадок. Если же величина этого произведения $[Ca^{2+}][CO_3^{2-}] < ПР$, то идет растворение.

Растворение карбоната кальция протекает по реакции $CaCO_3 \rightarrow Ca^{2+} + CO_3^{2-}$
осадок раствор

В первом случае $[Ca^{2+}][CO_3^{2-}] = 0,01 \cdot 0,01 = 10^{-4} > 4,8 \cdot 10^{-9}$, такой раствор приготовить нельзя из-за выпадания части $CaCO_3$ в осадок. Во втором случае $[Ca^{2+}][CO_3^{2-}] = (10^{-5}) \times (10^{-5}) = 10^{-10} < 4,8 \cdot 10^{-9}$, такой раствор приготовить можно. $CaCO_3$ полностью переходит в раствор.

Реакции ионного обмена

Для растворов электролитов наиболее характерны реакции ионного обмена. Обязательным условием протекания таких реакций практически до конца является удаление из раствора тех или иных ионов вследствие:

1) образования осадка

$FeSO_4 + 2 NaOH \rightarrow Fe(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$ - молекулярное уравнение (МУ);

$Fe^{2+} + SO_4^{2-} + 2Na^+ + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2 \downarrow + 2Na^+ + SO_4^{2-}$ - ионно-молекулярное уравнение (ИМУ)

$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2 \downarrow$ - ионно-молекулярное уравнение образования осадка;

2) выделение газа

$Na_2CO_3 + 2H_2SO_4 \rightarrow H_2CO_3 + 2NaHSO_4$ (МУ);

$2Na^+ + CO_3^{2-} + 2H^+ + 2HSO_4^- \rightarrow H_2O + CO_2 \uparrow + 2Na^+ + 2HSO_4^-$ (ИМУ);

$2H^+ + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 \uparrow$ - ионно-молекулярное уравнение образования летучего соединения и слабого электролита H_2O ;

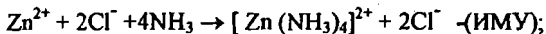
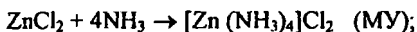
3) образование мало диссоциирующих веществ

$2KCN + H_2SO_4 \rightarrow 2HCN + K_2SO_4$ (МУ);

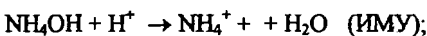
$2K^+ + 2CN^- + 2H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow 2HCN + 2K^+ + SO_4^{2-}$ (ИМУ);

$CN^- + H^+ \rightarrow HCN$ - ионно-молекулярное уравнение образования слабого электролита HCN

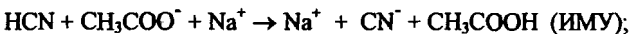
4) образование комплексных соединений



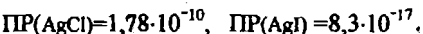
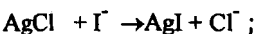
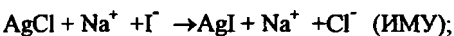
Встречаются процессы, при которых слабые электролиты или малорастворимые соединения входят в число исходных веществ и продуктов реакции. Равновесие в этом случае смещается в сторону образования веществ, имеющих наименьшую константу диссоциации или в сторону образования менее растворимого вещества:



Равновесие сдвинуто в сторону образования молекул воды.

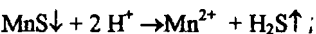
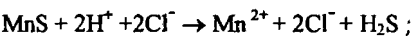
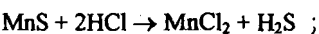


Равновесие сдвинуто в сторону образования HCN.



Равновесие сдвинуто в сторону образования труднорастворимого осадка AgI.

Могут встречаться процессы, в уравнениях которых есть и малорастворимое соединение и слабый электролит



$$PP(MnS)=2,5 \cdot 10^{-10}; [S^{2-}] = \sqrt{2,5 \cdot 10^{-10} \cdot 1,58 \cdot 10^4} \text{ моль/л};$$

$$K_d(H_2S) = K_1 \cdot K_2 = 6 \cdot 10^{-22}; [S^{2-}] = \sqrt{\frac{K_1 \cdot K_2}{4}} = 0,54 \cdot 10^{-11}.$$

Связывание ионов S^{2-} в молекулы H_2S происходит полнее, чем в MnS , поэтому реакция протекает в прямом направлении.

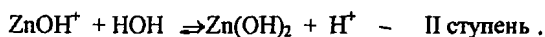
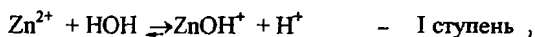
Гидролиз солей

Гидролиз является результатом поляризационного взаимодействия ионов соли с их гидратной оболочкой. Гидролиз - это обменная реакция в растворе между молекулами воды и ионами соли. В результате гидролиза, благодаря образованию слабого электролита, сдвигается ионное равновесие $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$ из-за связывания H^+ или OH^- и изменяется pH-среды. Гидролизу подвергаются соли, в состав которых входят ионы слабой кислоты или слабого основания. Соли, образованные ионами сильной кислоты и сильного основания, гидролизу не подвергаются ($NaCl, Na_2SO_4$).

Продукты гидролиза - слабые электролиты: малодиссоциирующие, труднорастворимые и летучие вещества. Гидролиз - стадийная реакция, в случае многозарядного иона число стадий равно его заряду.

Гидролизу по катиону подвергаются соли, образованные анионами сильной кислоты и катионами слабого основания. Например, к слабым основаниям относятся гидроксиды р- и d-металлов ($K_d \leq 10^{-4}$), также гидроксид аммония.

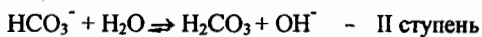
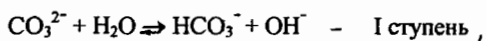
Рассмотрим гидролиз хлорида цинка- соли, образованной слабым основанием $Zn(OH)_2$ и сильной кислотой HCl . Катион цинка имеет заряд $2+$, поэтому гидролиз его соли будет проходить в две ступени:



В результате этого взаимодействия возникает избыток ионов H^+ ($[H^+] > [OH^-]$), раствор подкисляется ($pH < 7$).

Гидролиз по аниону. Данный тип гидролиза характерен для солей, образованных анионами слабой кислоты ($K_d \leq 10^{-4}$) и катионами сильного основания ($K_d > 10^{-1} + 10^{-2}$).

Рассмотрим гидролиз карбоната калия - соли, образованной слабой угольной кислотой H_2CO_3 ($K_d^I = 4,5 \cdot 10^{-7}$) и сильным основанием KOH, карбокс-анион имеет заряд (2-). Гидролиз протекает в две ступени:



В этом случае высвобождаются ионы OH^- ($[H^+] < [OH^-]$) - раствор подщелачивается ($pH > 7$).

Необратимый гидролиз. Соли, образованные слабым основанием и слабой кислотой, гидролизуются по катиону и аниону. Результат гидролиза будет зависеть от значения K_d основания и кислоты. Рассмотрим гидролиз фторида аммония - соли, образованной слабым основанием NH_4OH ($K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$) и слабой кислотой HF ($K_d = 6,8 \cdot 10^{-4}$): $NH_4F + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + HF$

В этом случае $K_d NH_4OH < K_d HF$, следовательно гидролиз пойдет по катиону и реакция среды будет слабокислой.

Задачи

Реакции ионного обмена

1. Можно ли приготовить раствор, содержащий одновременно следующие пары веществ: а) $Cu(NO_3)_2$ и Na_2SO_4 ; б) $NaOH$ и HCl ; в) $BaCl_2$ и H_2SO_4 ? Составить молекулярные (МУ) и ионные уравнения возможных реакций (ИМУ).

2. Будут ли протекать реакции между растворами следующих электролитов: а) K_2CO_3 и HCl ; б) KNO_3 и Na_2S ; в) $CdSO_4$ и $NaOH$? Написать молекулярные и ионно-молекулярные уравнения возможных реакций.

3. Написать ионно-молекулярные уравнения реакций между растворами следующих солей:

- а) сульфатом меди и хлоридом бария; г) нитратом серы(IV) и хлоридом железа (III);
б) сульфатом натрия и нитратом бария; д) сульфидом натрия и серной кислотой;
в) сульфатом железа (II) и гидроксидом лития; е) нитратом свинца(II) и H_2S .

4. Составьте молекулярные и ионные уравнения следующих реакций и укажите в каждом отдельном случае причину, вызывающую смещение равновесия:

- а) $Pb(NO_3)_2 + KI =$; б) $AlBr_3 + AgNO_3 =$; в) $Cr_2(SO_4)_3 + KOH =$;
г) $Al(OH)_3 + KOH =$; д) $CaSO_4 + BaCl_2 =$; е) $NH_4OH + H_2S =$;
ж) $NH_4OH + HBr =$; з) $Fe(OH)_3 + HNO_3 =$.

5. Написать молекулярные уравнения реакций, выраженных следующими молекулярно-ионными уравнениями:

- а) $Pb^{2+} + 2Cl^- = PbCl_2$; б) $Cr^{3+} + 3 OH^- = Cr(OH)_3$;
в) $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$; г) $CN^- + H^+ = HCN$;
д) $Mn^{2+} + S^{2-} = MnS$; е) $Sn^{2+} + 2OH^- = Sn(OH)_2$;
ж) $CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH$.

6. С помощью молекулярных и ионно-молекулярных уравнений ответить на вопросы:

- а) растворы каких солей надо смешать для получения в осадке карбоната кальция?
б) можно ли карбонат кальция перевести в сульфат кальция действием на него сульфата натрия, если $PP(CaSO_4) = 6,1 \cdot 10^{-5}$; $PP(CaCO_3) = 4,8 \cdot 10^{-9}$?

7. Будут ли протекать реакции между растворами следующих электролитов:

- а) $Ba(OH)_2$ и HNO_3 ; б) $(NH_4)_2SO_4$ и KOH ; в) $CuSO_4$ и $NaOH$? Написать молекулярные и ионно-молекулярные уравнения возможных реакций.

8. С помощью молекулярных и ионно-молекулярных уравнений ответить на вопросы:

- а) растворы каких солей надо смешать для получения в осадке сульфата бария?
б) можно ли сульфат бария перевести в сульфат стронция действием на него хлорида стронция? $PP(BaSO_4) = 1,08 \cdot 10^{-10}$; $PP(SrSO_4) = 2,8 \cdot 10^{-7}$.

9. Написать молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций между растворами следующих электролитов:

- а) сульфита натрия и серной кислоты; б) хлорида цинка и гидроксида калия;
в) карбоната калия и соляной кислоты.

10. Смешивают попарно растворы: а) NaOH и KCl ; б) K_2SO_3 и HCl ;

в) CuCl_2 и $\text{Ba}(\text{OH})_2$; г) H_2SO_4 и HCl . В каких случаях реакции идут до конца?

11. Написать в ионно-молекулярной форме уравнения реакций образования соединений, менее растворимых, чем исходные:

а) $\text{SrSO}_4 + \text{BaCl}_2$; б) $\text{AgCl} + \text{K}_2\text{S}$; в) $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4$.

12. Написать в молекулярной и ионно-молекулярной форме уравнения реакций, приводящих к образованию малодиссоциирующих соединений:

а) $\text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4$; б) $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2$; в) $\text{FeS} + \text{HCl}$.

13. Написать в молекулярной и ионно-молекулярной форме уравнения реакций нейтрализации и указать, какая из них протекает практически до конца:

а) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH}$; б) $\text{HCN} + \text{KOH}$; в) $\text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$.

14. Можно ли приготовить раствор, содержащий одновременно следующие пары веществ: а) NaOH и $\text{Ca}(\text{OH})_2$; б) $\text{Sn}(\text{OH})_2$ и NaOH ; в) $\text{Sn}(\text{OH})_2$ и HNO_3 ?

15. Написать в молекулярной и ионно-молекулярной форме уравнения реакций, приводящих к образованию малорастворимых соединений или газов:

а) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI}$; б) $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{HCl}$; в) $\text{NiCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$.

16. Можно ли приготовить раствор, содержащий одновременно следующие пары веществ: а) CuSO_4 и NaNO_3 ; б) Na_2CO_3 и HCl ; в) AgNO_3 и NaCl ? Ответ обосновать с помощью молекулярных и ионных уравнений.

17. Можно ли приготовить раствор, содержащий одновременно следующие пары веществ: а) $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и KOH ; б) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и HCl ; в) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и NaOH ? Приведите возможные реакции в молекулярном и ионно-молекулярном виде.

18. С помощью молекулярных и ионно-молекулярных уравнений ответить на вопросы: а) растворы каких солей надо смешать для получения в осадке хлорида серебра (I)?

б) можно ли хлорид серебра (I) перевести в сульфат серебра действием на него сульфата натрия, если $\text{PP}(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10}$, $\text{PP}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 7,7 \cdot 10^{-5}$. Ответ обосновать.

19. Смешивают попарно растворы следующих электролитов:

а) NaOH и HNO₃; б) K₂CO₃ и HCl; в) CuSO₄ и KOH. В каких растворах протекают реакции? Составить их ионно-молекулярные и молекулярные уравнения.

20. Составить молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций нейтрализации: а) сильной кислоты щелочью, б) слабой кислоты щелочью, в) сильной кислоты слабым основанием, г) слабой кислоты слабым основанием.

21. Смешивают попарно растворы следующих электролитов:

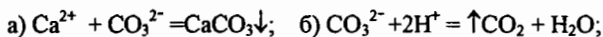
а) NaOH и HCl; б) K₂CO₃ и HCl; в) CH₃COONa и H₂SO₄. Какие реакции будут практически протекать до конца? Составить для них молекулярные и ионно-молекулярные уравнения.

22. Смешивают попарно растворы следующих электролитов:

а) Cu(NO₃)₂ и Na₂SO₄; б) BaCl₂ и K₂SO₄; в) KNO₃ и NaCl; г) AgNO₃ и KCl.

В каких из приведенных случаев реакция практически пойдет до конца? Составьте для этих реакций молекулярные и ионно-молекулярные уравнения.

23. Составьте по три молекулярных уравнения к каждому из ионно-молекулярных уравнений:



24. Написать в молекулярной и ионно-молекулярной форме уравнения реакций между:

а) сульфидом марганца(II) и серной кислотой; б) гидроксидом свинца(II) и гидроксидом калия; в) гидроксидом магния и раствором хлорида аммония;

г) гидроксидом марганца (II) и раствором нитрата аммония; д) карбонатом кальция и соляной кислотой; е) гидроксидом хрома (III) и гидроксидом натрия.

25. Написать молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций:

а) растворения карбоната кальция в соляной кислоте; б) взаимодействия растворов нитрата бария и сульфата натрия; в) взаимодействия растворов хлорида железа (III) и гидроксида аммония.

26. К каждому из веществ: AlCl_3 , H_2SO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, FeCl_3 прибавили раствор гидроксида калия. В каких случаях произошли реакции? Выразить их молекулярными и ионно-молекулярными уравнениями.

27. Написать в молекулярной и ионной форме уравнения реакций между:

- а) уксусной кислотой и гидроксидом натрия; б) сероводородной кислотой и гидроксидом бария; в) плавиковой кислотой и гидроксидом натрия; г) азотной кислотой и гидроксидом аммония; д) хлорной кислотой и гидроксидом цинка; е) азотной кислотой и гидроксидом свинца.

28. Написать в молекулярной и ионной форме уравнения реакций между:

- а) сульфидом цинка и соляной кислотой; б) карбонатом кальция и гидроксидом бария; в) сульфатом аммония и гидроксидом калия; г) карбонатом кальция и азотной кислотой.

29. Написать в молекулярной и ионной форме уравнения реакций между:

- а) соляной кислотой и гидроксидом бария; б) хлорной кислотой и гидроксидом кальция; в) азотной кислотой и гидроксидом рубидия; г) бромистоводородной кислотой и гидроксидом бария; д) азотной кислотой и гидроксидом стронция.

30. К каждому из веществ KHCO_3 , CH_3COOH , BaCl_2 , Na_2S прибавили раствор серной кислоты. В каких случаях произошли реакции? Выразить их молекулярными и ионно-молекулярными уравнениями.

31. К каждому из веществ Na_2CO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, NaNO_3 , KHS прибавили раствор соляной кислоты. В каких случаях произошли реакции? Выразить их молекулярными и ионно-молекулярными уравнениями.

32. Написать молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций нейтрализации:

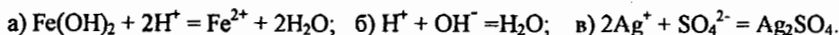
- а) $\text{HCl} + \text{Ba}(\text{OH})_2$; б) $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{HNO}_3$; в) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_4\text{OH}$; г) $\text{H}_2\text{S} + \text{NaOH}$.

Указать, какие из этих реакций протекают обратимо и необратимо.

33. Написать молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, протекающих в растворах между: а) SO_2 и NaOH (избыток); б) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ и KOH ; в) Na_2CrO_4 и

AgNO_3 . Указать в каждом случае соединение, образование которого вызывает смещение равновесия.

34. Составить молекулярные уравнения к следующим ионно-молекулярным уравнениям:



35. Записать последовательную диссоциацию следующих электролитов:

- а) H_3PO_4 и NaHSO_4 ; б) H_2CO_3 и Na_2HPO_4 ; в) H_2S и CaOHCl ;
г) H_2SO_4 и NaH_2PO_4 ; д) H_2GeO_3 и $\text{Ba}(\text{OH})_2$; е) H_2TeO_3 и CrOHSO_4 ;
ж) H_2TeO_4 и $\text{Bi}(\text{OH})_2\text{Cl}$; з) H_2CrO_4 и $(\text{CaOH})_2\text{SO}_4$.

Диссоциация воды. Водородный показатель

36. Вычислить концентрацию ионов водорода (моль/л) и pH растворов, в которых концентрация гидроксид ионов равна:

- а) 10^{-5} моль/л; б) $1,7 \cdot 10^{-8}$ г/л; в) 10^{-9} моль/л; г) 0,0051 г/л.

37. Вычислить pH и молярность раствора муравьиной кислоты HCOOH , если концентрация ионов водорода в растворе 10^{-4} г/л, а $K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$.

38. Вычислить pH следующих растворов ($\rho = 1$ г/л):

- а) 0,46% HCOOH , $\alpha = 0,042$; б) 0,1M HF , $\alpha = 0,085$;

39. Определить степень диссоциации:

- а) CH_3COOH в 0,1M растворе, если $[\text{H}^+] = 0,00132$ моль/л;
б) HNO_2 в 0,1M растворе, если $[\text{H}^+] = 0,0068$ моль/л;
в) HCOOH в 0,01M растворе, если $[\text{H}^+] = 0,000134$ моль/л.

40. Определить концентрацию ионов водорода и степень диссоциации в растворах:

- а) 0,1н CH_3COOH , $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$; б) 0,1M HCN , $K_d = 7,9 \cdot 10^{-10}$;
в) 0,5M $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$, $K_d = 1,35 \cdot 10^{-2}$; г) 1M H_2SO_3 , $K_d = 1,58 \cdot 10^{-2}$; д) 0,1н H_3PO_4 , $K_d = 1,6 \cdot 10^{-3}$.

41. Вычислить константу диссоциации угольной кислоты по первой ступени, если степень диссоциации ее в 0,1н растворе равна 0,003.

42. Вычислить pH следующих растворов, приняв для них степень диссоциации и плотность равными единице:

- а) 0,0058 М раствора соляной кислоты; б) 0,1М раствора соляной кислоты; в) 0,025М раствора гидроксида натрия; г) 0,002М раствора азотной кислоты;
д) 0,1 % раствора азотной кислоты; е) 0,05% раствора гидроксида натрия;
ж) 0,01% раствора соляной кислоты.

43. Вычислить pH растворов: а) 0,01М раствора уксусной кислоты ($\alpha=4,2\%$);
б) 0,1М раствора плавиковой кислоты ($\alpha = 8,5\%$);
в) раствора, в 1 литре которого содержится 0,0052 г гидроксид-ионов;
г) раствора, в 1 литре которого содержится 0,1 г гидроксида натрия, считать диссоциацию полной.

44. Исходя из констант диссоциации слабых электролитов, вычислить pH следующих растворов:

- а) 0,25М раствора уксусной кислоты; б) 0,01М раствора синильной кислоты;
в) 1,2М раствора азотистой кислоты; г) 5% раствора муравьиной кислоты;
д) 0,5% раствора синильной кислоты.

45. Вычислить концентрацию ионов H^+ и OH^- в моль/л, а также pH растворов:

- а) 0,001М и 0,035% ($\rho=1$) NH_4OH , $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$;
б) в 1 л, которого содержится 7 г NH_4OH , $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$;
в) в 0,5 л, которого содержится 0,007 г NH_4OH , $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

47. Какое значение pH имеет раствор, если в 1 литре его содержится 0,49 г H_2SO_4 ?

48. Определить pH и концентрацию гидроксид ионов (моль/л) в 0,365% растворе HCl , полностью диссоциирующей на ионы.

49. Определить степень диссоциации уксусной кислоты, pH которого равен 3.
 $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

50. Рассчитать pH раствора NaOH ($\alpha=1$), в 100 г которого содержится 0,4 г NaOH .

51. Как изменится pH чистой воды, если к 1 л ее добавить 0,001 моля NaOH ?

52. Определить pH 0,056 % KOH .

53. Определить pH 1% раствора NH_4OH . $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

54. Вычислить pH раствора, содержащего 3 г уксусной кислоты в 500 мл раствора.

55. Вычислить молярность раствора щелочи, pH которого равен 12.

56. Определить pH 0,01M раствора HCl и 0,01M раствора HCN. Какой из данных растворов имеет более кислую реакцию среды?

57. Определить молярность и pH раствора HCl, если концентрация гидроксид-ионов в нем равна 10^{-12} моль/л.

58. Определить молярность раствора H_2SO_4 (считая, что диссоциация идет по двум ступеням), если концентрация гидроксид-ионов в нем равна 10^{-11} моль/л.

59. Какова константа и степень диссоциации уксусной кислоты в 0,1M растворе, если концентрация ионов водорода равна $1,32 \cdot 10^{-3}$ моль/л?

60. Вычислить концентрацию ионов водорода и степень диссоциации 1% раствора уксусной кислоты. $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

61. Вычислить константу диссоциации кислоты:

а) HCOOH, если в 0,4M растворе $[H^+] = 2,68 \cdot 10^{-3}$ моль/л;

б) HCN, если в 0,25M растворе $[H^+] = 1 \cdot 10^{-5}$ моль/л;

в) HCOOH, если в 0,0055M растворе $[H^+] = 1 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

62. Как изменяется сила кислот в ряду HCOOH - CH_3COOH - HCN

(константы диссоциации данных кислот приведены в справочных материалах)?

63. Вычислить степень диссоциации следующих растворов:

а) 0,5M и 0,2 н CH_3COOH , $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$;

б) 0,001 M и 2,7 % HCN, $K_d = 7,9 \cdot 10^{-10}$;

в) 0,001M и 3,5% NH_4OH , $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ($\rho = 1$).

Как зависит степень диссоциации растворов от концентрации?

64. Вычислить молярность раствора следующих кислот, если известно:

а) pH раствора HCN равен 5. $K_d = 7,9 \cdot 10^{-10}$;

б) концентрация ионов водорода в растворе HCl ($\alpha=1$) равна $1,5 \cdot 10^{-3}$ г/л;

в) концентрация гидроксид-ионов в растворе HCOOH равна $1 \cdot 10^{-10}$ моль/л, $K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$.

65. Концентрация гидроксид-ионов в растворе KOH равна 10^{-2} моль/л. Определить pH и молярность данного раствора.

66. Определить pH и концентрацию гидроксид-ионов (моль/л) 0,1M раствора H_2S , учитывая только первую ступень диссоциации, для которой $K_d = 1,1 \cdot 10^{-7}$.
67. Определить pH и молярность раствора HCN , если концентрация гидроксид-ионов в нем равна 10^{-9} моль/л. $K_d = 7,8 \cdot 10^{-10}$.
68. Вычислить степень диссоциации и pH 0,05н раствора HNO_2 $K_d = 5 \cdot 10^{-4}$.
69. Рассчитать pH и концентрацию гидроксид-ионов (моль/л) в растворе, в 100 мл которого содержится 0,63 г HNO_3 .
70. Определить pH и молярность раствора KOH ($\alpha=1$), в 100 мл которого содержится 0,39 г калия в виде ионов.
71. Рассчитать молярность раствора NH_4OH , pH которого равен 11.
72. Рассчитать концентрацию гидроксид - ионов и pH 0,1M и 0,112 % раствора KOH .
73. Чему равен pH в растворах сильных электролитов KCl , KOH , HCl , концентрации которых равны 0,1M.
74. Определить молярность и концентрацию гидроксид - ионов (моль/л) раствора HNO_2 , pH которого равен 4, $K_d = 5 \cdot 10^{-4}$.
75. Определить концентрацию гидроксид - ионов (моль/л) и pH раствора, в 1 л которого содержится 3,5 г NH_4OH .
76. pH раствора H_2SO_4 равен 6. Рассчитать молярность и концентрацию гидроксид - ионов (моль/л) в данном растворе.
77. В каком из растворов 0,01M $NaOH$ или 0,01M NH_4OH щелочность среды больше? Ответ подтвердить расчетом pH.
78. Сколько граммов KOH находится в состоянии полной диссоциации в 10 л раствора, pH которого равен 11?
79. Сколько граммов $HCOOH$ содержится в 0,3 л раствора этой кислоты, имеющей pH = 6? $K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$.
80. Сколько молей уксусной кислоты ($K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$) содержится в 1 л раствора, pH которого равен pH 0,1 M раствора угольной кислоты ($K_d = 2,1 \cdot 10^{-4}$).
81. Вычислить, при какой концентрации (моль/л) муравьиной кислоты 95% ее молекул будут находиться в недиссоциированном состоянии? $K_d = 2,1 \cdot 10^{-4}$.

82. Каким объемом воды следует разбавить 1 л 0,6% раствор уксусной кислоты ($\rho=1$) для получения раствора, pH которого равен 3?

83. Вычислить концентрацию гидроксид - ионов в растворе, содержащем смесь 0,1M NH_4OH и 1M NH_4Cl .

84. Сколько молей ацетата натрия нужно прибавить к 1 л 0,1M раствору CH_3COOH , чтобы концентрация ионов водорода стала $1 \cdot 10^{-6}$ моль/л?

85. К 1 л 0,1M раствору CH_3COOH прибавили 0,2 моля ацетата натрия. Во сколько раз изменится концентрация ионов водорода?

86. Вычислить при какой концентрации (моль/л) уксусной кислоты в растворе степень диссоциации α составит 0,1? При какой концентрации α увеличится в 2 раза? ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$).

87. 25 мл 10% раствора соляной кислоты ($\rho=1,05$ г/мл) разбавили водой до 500 мл. Вычислить pH разбавленного раствора.

88. К 500 мл воды прибавили 20 мл 0,1 M раствора соляной кислоты. Вычислить pH полученного раствора.

89. К 25 мл 0,2 M раствора соляной кислоты прибавили 25 мл 0,1 M раствора гидроксида натрия. Вычислить pH полученного раствора.

Растворимость труднорастворимых соединений. Произведение растворимости

90. Записать выражения и вычислить величину ПР, зная концентрацию (моль/л) одного из ионов в насыщенном растворе малорастворимых электролитов:

а) MgCO_3 , $[\text{Mg}^{2+}] = 1,41 \cdot 10^{-2}$; б) SnS , $[\text{S}^{2-}] = 1 \cdot 10^{-14}$; в) CaCO_3 , $[\text{CO}_3^{2-}] = 6,6 \cdot 10^{-5}$; г) PbSO_4 , $[\text{Pb}^{2+}] = 1,26 \cdot 10^{-4}$; д) PbI_2 , $[\text{I}^-] = 2,6 \cdot 10^{-3}$.

91. По произведению растворимости вычислить молярную концентрацию насыщенного раствора:

а) сульфата цинка, ПР = $1,6 \cdot 10^{-8}$; б) гидроксида кобальта (II), ПР = $1,6 \cdot 10^{-18}$;

в) иодида свинца(II), ПР = $8,7 \cdot 10^{-9}$; г) карбоната кальция, ПР = $4,4 \cdot 10^{-9}$;

д) гидроксида железа (III), ПР = $3,8 \cdot 10^{-38}$; е) сульфата стронция, ПР = $2,8 \cdot 10^{-7}$;

ж) сульфида меди (I), ПР = $2 \cdot 10^{-47}$; з) карбоната цинка, ПР = $6 \cdot 10^{-11}$.

92. Вычислить произведение растворимости, если в 1 л воды растворяется:

- а) 0,00179 г хлорида серебра; б) 0,0178 г карбоната бария;
в) 0,00147 г гидроксида никеля (II); г) $4,33 \cdot 10^{-5}$ г хромата серебра;
д) $6,88 \cdot 10^{-5}$ г гидроксида кобальта (II).

93. Одинакова ли растворимость (моль/л) следующих пар соединений:

- а) карбоната бария и карбоната кальция, если $PP(\text{BaCO}_3) = 8,1 \cdot 10^{-9}$,
 $PP(\text{CaCO}_3) = 4,8 \cdot 10^{-9}$;
б) карбоната серебра(I) и оксалата свинца (II), если $PP(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = 6,5 \cdot 10^{-12}$,
 $PP(\text{PbC}_2\text{O}_4) = 8,3 \cdot 10^{-12}$;
в) фторида магния и карбоната бария, если $PP(\text{MgF}_2) = 7,1 \cdot 10^{-9}$, $PP(\text{BaCO}_3) = 8,1 \cdot 10^{-9}$.

94. Во сколько раз растворимость (моль/л) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ в воде больше растворимости $\text{Fe}(\text{OH})_3$, если $PP(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 4,8 \cdot 10^{-16}$, $PP(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 3,8 \cdot 10^{-38}$?

95. Исходя из произведения растворимости карбоната кальция найти его массу, содержащуюся в 100 мл насыщенного раствора.

96. Вычислить растворимость (моль/л, г/л) в воде следующих соединений на основании значений PP (см. справочные материалы) :

- а) сульфат бария; б) гидроксида кадмия; в) сульфида железа (II);
г) карбоната кобальта (II); д) сульфида ртути (II).

97. Вычислить растворимость и произведение растворимости:

- а) хромата серебра, если в 500 мл воды растворяется 0,0166 г;
б) селенида цинка, если в 200 мл воды растворяется $5 \cdot 10^{-4}$ г;
в) фторида кальция, если в 500 мл воды растворяется $1,13 \cdot 10^{-4}$ моль;
д) цианида никеля (II), если в 500 мл воды растворяется $2,085 \cdot 10^{-8}$ г.

98. Сколько граммов PbSO_4 можно растворить в 1 л воды при комнатной температуре, если его PP составляет $1,6 \cdot 10^{-8}$?

99. Можно ли приготовить растворы с концентрацией 0,01M и 0,0005M карбоната кальция, если его $PP = 4,4 \cdot 10^{-9}$?

100. Каково содержание кальция в 1 мл насыщенных растворов следующих солей кальция:

а) карбоната, $PP(\text{CaCO}_3) = 4,4 \cdot 10^{-9}$; б) хромата, $PP(\text{CaCrO}_4) = 7,1 \cdot 10^{-4}$, в) фторида, $PP(\text{CaF}_2) = 4 \cdot 10^{-11}$, г) сульфида, $PP(\text{CaS}) = 1,3 \cdot 10^{-8}$, д) сульфата, $PP(\text{CaSO}_4) = 6,1 \cdot 10^{-5}$.

101. В 3 л насыщенного раствора PbSO_4 содержится 0,115 г соли. Рассчитать растворимость (моль/л) и произведение растворимости этой соли.

102. Определить растворимость в моль/л и г/л сульфата бария, если его $PP = 1,08 \cdot 10^{-10}$.

103. Рассчитать растворимость (моль/л, г/л) иодида свинца, если его $PP = 8,7 \cdot 10^{-9}$.

104. Рассчитать растворимость (моль/л) хлорида свинца и концентрацию его ионов в насыщенном растворе, PP которого равно $1,7 \cdot 10^{-5}$.

105. Произведение растворимости фторида кальция равно $4 \cdot 10^{-11}$. Во сколько раз изменится концентрация ионов кальция в насыщенном растворе CaF_2 , если увеличить концентрацию ионов фтора $[\text{F}^-]$ в 10 раз?

106. Можно ли растворить 0,01 г PbCl_2 в 0,5 л воды, если его PP равно $1,7 \cdot 10^{-5}$?

107. Можно ли растворить 0,01 г CaCO_3 в 0,5 л воды, если его PP равно $4,8 \cdot 10^{-9}$?

108. Вычислить растворимость (моль/л) и $PP(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$, если в 500 мл воды растворяется 0,0166 г этой соли.

109. Определить молярность и нормальность насыщенного раствора PbI_2 , если его $PP = 8,7 \cdot 10^{-9}$.

110. Образуются ли осадок сульфата серебра (I), если смешивать равные объемы 0,1 М растворов нитрата серебра и серной кислоты? $PP(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 7,7 \cdot 10^{-5}$.

111. Во сколько раз растворимость AgCl ($PP = 1,56 \cdot 10^{-10}$) больше растворимости Ag_2S ($PP = 5,7 \cdot 10^{-50}$)? Рассчитать концентрацию $[\text{Ag}^+]$ в насыщенных растворах этих солей.

112. При какой концентрации гидроксид-ионов из 0,1 М раствора сульфата цинка будет выпадать осадок гидроксида цинка? $PP(\text{Zn}(\text{OH})_2) = 1,3 \cdot 10^{-17}$.

113. Какая из солей более растворима: MgCO_3 ($PP = 2,2 \cdot 10^{-4}$) или MgF_2 ($PP = 7,1 \cdot 10^{-9}$)? Чему равна концентрация ионов магния (моль/л) в насыщенных растворах этих солей?

114. Какой должна быть минимальная концентрация ионов серебра в 0,1 М растворе KCl , чтобы начал выпадать осадок хлорида серебра?

$([AgCl_2] = 1,56 \cdot 10^{-10})$.

115. Образуется ли осадок сульфата кальция при сливании равных объемов

0,02 М растворов хлорида кальция и сульфата натрия? ($IP(CaSO_4) = 6,1 \cdot 10^{-5}$).

116. Концентрация ионов железа в насыщенном растворе сульфида железа (II) равна

$6,1 \cdot 10^{-10}$ моль/л. Вычислить произведение растворимости сульфида железа (II).

117. Концентрация ионов стронция в насыщенном растворе хромата стронция равна

$5,9 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Вычислить произведение растворимости хромата стронция.

118. Для растворения 1 г иодида свинца(II) при $18^\circ C$ требуется 1470 мл воды.

Вычислить произведение растворимости иодида свинца.

119. Концентрация ионов фтора в насыщенном растворе фторида кальция равна $4 \cdot 10^{-4}$

моль/л. Вычислить произведение растворимости фторида кальция.

120. В 100 мл насыщенного раствора иодида свинца(II) содержится 0,0268 г в виде

ионов. Вычислить произведение растворимости иодида свинца.

121. Вычислить растворимость следующих соединений (моль/л):

а) CaF_2 в 0,05 М растворе $CaCl_2$ ($IP(CaF_2) = 4 \cdot 10^{-11}$);

б) $BaSO_4$ в 0,05 М растворе Na_2SO_4 ($IP(BaSO_4) = 1,08 \cdot 10^{-10}$);

в) $Mg(OH)_2$ в 0,01 М растворе KOH ($IP(Mg(OH)_2) = 5,5 \cdot 10^{-12}$);

г) $AgBr$ в 0,1 М растворе KBr ($IP(AgBr) = 6,3 \cdot 10^{-13}$);

д) $BaCO_3$ в 0,01 М растворе Na_2CO_3 ($IP(BaCO_3) = 8,1 \cdot 10^{-9}$);

е) MnS в 1 М растворе Na_2S ($IP(MnS) = 5,6 \cdot 10^{-16}$);

ж) $AgCl$ в 0,1 М растворе KCl ($IP(AgCl) = 1,56 \cdot 10^{-10}$).

122. Имеем одинаковые объемы растворов 0,002 М $Pb(NO_3)_2$ и 0,002 М Na_2SO_4 . Какие

ионы и в каких концентрациях присутствуют в каждом из растворов? Образуется ли

осадок при сливании данных растворов, если $IP(PbSO_4) = 1,6 \cdot 10^{-8}$?

123. При какой минимальной концентрации гидроксид-ионов из 0,1 М раствора

$CuSO_4$ будет выпадать осадок гидроксида меди? $IP(Cu(OH)_2) = 2,2 \cdot 10^{-20}$.

124. Сколько граммов сульфата свинца(II) можно растворить в 2 л воды, если

$IP(PbSO_4) = 1,6 \cdot 10^{-8}$?

125. Сколько граммов карбоната бария можно растворить в 3 л воды, если $PP(\text{BaCO}_3) = 8,1 \cdot 10^{-9}$?

126. Вычислить концентрацию ионов Ag^+ :

а) в насыщенном растворе AgCl , $PP(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10}$;

б) в насыщенном растворе AgCl , к 1 л которого добавлено 10^{-4} моля KCl .

127. Можно ли приготовить растворы с концентрацией 0,01 М и 10^{-7} М хлорида серебра? $PP(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10}$.

128. Можно ли приготовить растворы с концентрацией 0,05 М и $5 \cdot 10^{-5}$ М фторида кальция? $PP(\text{CaF}_2) = 4 \cdot 10^{-11}$.

129. $PP(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 1,46 \cdot 10^{-21}$. Вычислить растворимость Ag_3PO_4 в моль/л и концентрацию ионов данной соли в ее насыщенном растворе.

130. $PP(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 5,6 \cdot 10^{-12}$. Вычислить растворимость гидроксида магния в воде и в 0,01 М растворе KOH , при условии его полной диссоциации.

131. Можно ли приготовить растворы с концентрацией 0,01 М и 10^{-4} М карбоната кальция? $PP(\text{CaCO}_3) = 4,8 \cdot 10^{-9}$.

132. Образуется ли осадок хлорида свинца(II), если к 0,01 М раствору $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ добавить равный объем 0,02 М раствора NaCl ? $PP(\text{PbCl}_2) = 1,7 \cdot 10^{-5}$.

133. Вычислить растворимость (моль/л) и произведение растворимости фторида кальция, если в 500 мл воды растворяется $1,09 \cdot 10^{-4}$ моля данной соли.

134. В 100 мл насыщенного раствора PbI_2 содержится 0,0268 г свинца в виде ионов. Вычислить растворимость и произведение растворимости данной соли.

135. Образуется ли осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$ при сливании равных объемов 0,002 М растворов FeCl_3 и KOH ? $PP(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 3,8 \cdot 10^{-38}$.

136. $PP(\text{CuS}) = 3,2 \cdot 10^{-38}$. Выпадет ли осадок сульфида меди (II) при сливании равных объемов 10^{-4} М растворов CuSO_4 и Na_2S ?

137. Сколько литров воды потребуется для растворения 0,1 г сульфидов следующих элементов:

а) серебра (I), $PP = 5,7 \cdot 10^{-51}$; б) ртути (II), $PP = 4 \cdot 10^{-53}$; в) кадмия (II), $PP = 1,2 \cdot 10^{-28}$; г) железа (II), $PP = 3,7 \cdot 10^{-19}$; д) олова (II), $PP = 1 \cdot 10^{-28}$.

138. К 50 мл 0,001 М раствора HCl добавили 450 мл 0,0001 М раствора AgNO₃. Выпадет ли осадок хлорида серебра? $PP(AgCl) = 1,56 \cdot 10^{-10}$.
139. Выпадает ли осадок при смешении равных объемов 0,01 М растворов AgNO₃ и K₂Cr₂O₇? $PP(Ag_2Cr_2O_7) = 2 \cdot 10^{-7}$.
140. Образуется ли осадок сульфата серебра (I), если к 0,02 М раствору AgNO₃ прибавить равный объем молярного раствора серной кислоты?
 $PP(Ag_2SO_4) = 7,7 \cdot 10^{-5}$.
141. Выпадает ли осадок, если смешаны 1 мл 0,2 М раствора Pb(NO₃)₂ и 2 мл 0,01 М раствора NaCl? $PP(PbCl_2) = 1,56 \cdot 10^{-10}$.
142. Во сколько раз уменьшится растворимость AgI в 0,1 М растворе KI по сравнению с его растворимостью в чистой воде?
143. Смешаны равные объемы 0,02 М растворов хлорида кальция и сульфата натрия. Образуется ли осадок сульфата кальция, если $PP(CaSO_4) = 6,1 \cdot 10^{-5}$?
144. Можно ли растворить 0,01 г BaSO₄ в 2 л воды, если $PP(BaSO_4) = 1,08 \cdot 10^{-10}$?
145. Рассчитайте, образуется ли осадок соли при смешивании:
- равных объемов 0,001 М растворов хлорида стронция и сульфата калия;
 - равных объемов 0,01 М раствора нитрата серебра (I) и 1 М раствора серной кислоты;
 - равных объемов 0,1 М раствора нитрата свинца (II) и 0,4 М раствора хлорида натрия.
146. Сколько граммов кальция в виде ионов содержится в 8 л насыщенного раствора сульфата кальция?
147. Найти растворимость гидроксида магния в чистой воде и в 0,001 М растворе гидроксида калия при комнатной температуре.
148. В 12 мл воды растворено 0,01 г хлорида калия и прибавлен 1 мл 0,1 М раствора нитрата серебра (I). Будет ли образовываться осадок хлорида серебра?

Гидролиз солей

149. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей, укажите реакцию среды (кислотность) их водных растворов:

а) Na_2SO_4 ; б) K_2S ; в) K_2CO_3 ; г) Na_3AsO_4 ; д) Li_2S ; е) K_3PO_4 ; ж) BaS ; з) K_2SO_3 .

150. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза, определите реакцию их водных растворов:

а) ZnCl_2 ; б) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; в) FeSO_4 ; г) CuSO_4 ; д) AlCl_3 ; е) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; ж) CrCl_3 .

151. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей, укажите реакцию среды (кислотность) их водных растворов:

а) $(\text{NH}_4)_2\text{S}$; б) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$; в) $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$; г) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

152. Составьте молекулярные и ионные уравнения гидролиза следующих солей:

а) MgCl_2 ; $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$; Na_2Se ; б) CuCl_2 ; Na_3PO_4 ; $\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$;

в) $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$; Na_2S ; FeCl_2 ; г) $\text{Ca}(\text{ClO})_2$; SbCl_3 ; MnSO_4 ;

д) $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$; NaCN ; FeCl_3 ; е) $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$; MnSO_4 ; SnCl_2 ;

ж) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; Li_2CO_3 ; $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$; з) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; ZnSO_4 ; CaS ;

и) KCN ; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$; AlCl_3 ; к) $\text{Ba}(\text{CN})_2$; $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$; NaClO ;

л) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; MnCl_2 ; $\text{Ca}(\text{CN})_2$.

153. Объясните, почему по обменным реакциям в водном растворе невозможно получить:

а) $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ по реакции $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$;

б) Al_2S_3 по реакции $\text{AlCl}_3 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow$;

в) Cr_2S_3 по реакции $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow$;

г) $\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ по реакции $\text{AlCl}_3 + \text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow$;

д) CuCO_3 по реакции $\text{CuSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$.

154. Исходя из значений констант диссоциации соответствующих кислот и оснований, указать реакцию водных растворов следующих солей: KCN , NH_4F , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.

155. Какую реакцию среды (кислотность) должны иметь растворы следующих солей: NH_4CN , K_2CO_3 , ZnSO_4 , Li_2S ? Ответ подтвердите соответствующими молекулярными и ионно-молекулярными уравнениями.

156. При сливании растворов CrCl_3 и Na_2CO_3 образуется осадок $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Объясните причину и напишите соответствующие уравнения в молекулярном и ионном виде.

157. При смешении растворов $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и K_2S в осадок выпадает $\text{Al}(\text{OH})_3$. Укажите причину этого и составьте соответствующие молекулярные и ионо-молекулярные уравнения.

158. Какие соли железа гидролизуются сильнее FeCl_2 и FeCl_3 и почему?

159. У какого раствора pH больше: SnCl_2 или SnCl_4 (при одинаковых концентрациях)?

160. При сливании водных растворов $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ и Na_2S образуется осадок гидроксида хрома (III) и выделяется газ. Составить молекулярные и ионно-молекулярные уравнения происходящей реакции.

Лабораторные работы

Электролитическая диссоциация воды

Опыт 1. Знакомство с индикаторами

Налить в три пробирки по 2 мл следующих растворов: в первую - 0,1 М HCl (pH=1), во вторую - дистиллированной воды, в третью - 0,1 М раствор KOH (pH=13).

Изменение цвета индикаторов записать в следующей форме:

Индикатор	Среда		
	кислая pH=1	Нейтральная pH=7	щелочная pH=13
Метилоранж			
Лакмус			
Фенолфталеин			

Написать уравнения процесса диссоциации кислоты, основания и воды.

Реакции обмена в растворах электролитов

1. Реакции, идущие с образованием осадка

Опыт 2. Получение гидроксидов основного характера и растворение их в кислоте

Для работы необходимо иметь 0,5 М растворы следующих солей: MgCl_2 , SrCl_2 , CdCl_2 , MnCl_2 , NiCl_2 .

В три пробирки налить по 2-3 мл 0,5М растворов солей (по указанию преподавателя). Добавить в них по такому же количеству 1 М раствора NaOH . Наблюдать выпадение осадков, отметить их цвет. К осадкам прилить 2 М раствор HCl до полного их растворения.

Записать в молекулярном и ионном виде уравнения протекающих реакций, сопровождающихся образованием малорастворимых веществ. В справочных материалах найти значения ПР соответствующих труднорастворимых соединений. По значениям ПР вычислить их растворимость.

Опыт 3. Получение сульфатов

Для работы необходимо иметь 0,5 М растворы следующих солей: BaCl_2 , SrCl_2 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. В две пробирки налить 2-3 мл растворов солей (по указанию преподавателя) и по каплям добавлять раствор H_2SO_4 до выпадения осадков.

Написать в молекулярном и ионном виде уравнения протекающих реакций. По значениям ПР вычислить растворимость.

Опыт 4. Получение сульфидов

а) Для работы необходимо иметь 0,5М растворы солей ZnCl_2 , SbCl_3 , $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

В две пробирки налить по 2 мл растворов солей (по указанию преподавателя). Добавить равный объем 0,5 М раствора Na_2S . Наблюдать выпадение осадков, отметить их цвет. Написать уравнения реакций в молекулярном и ионном виде. По величинам ПР вычислить растворимость.

б) В две пробирки налить по 2 мл 0,5 М раствора сульфата марганца MnSO_4 . В одну из них добавить такой же объем сероводородной воды H_2S , в другую - сульфида аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Отметить, в каком случае выпал осадок, каков его цвет. Написать молекулярное и ионное уравнение реакции. В чем заключается условие выпадения осадка по правилу произведения растворимости? Пользуясь этим правилом, объяснить выпадение осадка MnS в одной из пробирок. Почему в другом случае произведение концентраций $[\text{Mn}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ не достигло ПР.

Опыт 5. Зависимость последовательности выпадения осадков малорастворимых веществ от величины ПР

В одной пробирке получить осадок сульфата свинца PbSO_4 , взяв 2-3 мл 0,5 М раствора нитрата свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и добавив столько же раствора сульфата натрия. В другой пробирке получить осадок хромата свинца PbCrO_4 смешением 0,5 М

растворов нитрата свинца $Pb(NO_3)_2$ и хромата калия K_2CrO_4 . Отметить цвет осадков.

В третью пробирку налить по 2 мл 0,5 М растворов хромата калия и сульфата натрия, перемешать и добавить 2 мл раствора нитрата свинца. Определить по цвету, какое вещество выпало в осадок в первую очередь: $PbSO_4$ или $PbCrO_4$.

Написать молекулярные и ионные уравнения реакций. На основании величины ПР для этих солей объяснить последовательность выпадения осадков солей свинца.

2. Реакции, сопровождающиеся выделением газов

Опыт 6. Выделение углекислого газа

Налить в две пробирки по 2 мл 1М раствора Na_2CO_3 . Проверить наличие в растворе иона CO_3^{2-} . Для этого в одну пробирку добавить несколько капель концентрированного раствора $CaCl_2$. Какое вещество выпало в осадок?

Добавить во вторую пробирку несколько капель соляной кислоты (1:1) и наблюдать выделение газа. Пробирку слегка нагреть и дождаться конца выделения газа, затем добавить несколько капель $CaCl_2$. Почему не выпадает осадок $CaCO_3$? Написать молекулярные и ионные уравнения всех проведенных реакций.

Опыт 7. Выделение сероводорода

В пробирку налить 2 мл 1 М раствора Na_2S и 2 мл 1 М раствора HCl , слегка нагреть. Наблюдать выделение сероводорода: для этого к отверстию пробирки поднести фильтровальную бумагу, смоченную раствором нитрата свинца ($Pb(NO_3)_2$). Появление на фильтровальной бумаге черного осадка PbS подтверждает выделение H_2S . Написать молекулярное и ионное уравнения реакций.

3. Реакции образования слабых электролитов

Опыт 8. Образование слабой кислоты

Налить в пробирку 2 мл 0,5 М раствора ацетата натрия CH_3COONa , добавить по каплям раствор серной кислоты и слегка подогреть. По усилению запаха определить образование малодиссоциированной летучей уксусной кислоты. Написать молекулярное и ионное уравнения реакций.

Опыт 9. Образование слабого основания

В пробирку налить 2 мл 0,5 М раствора хлорида аммония NH_4Cl , затем добавить 2 М раствор щелочи. Раствор подогреть. Определить по запаху выделение аммиака. Написать молекулярное и ионное уравнение реакции образования слабого основания гидроксида аммония и уравнение его распада на аммиак и воду.

Опыт 10. Реакция нейтрализации

Налить в две пробирки по 2-3 мл 0,5 М раствора щелочи и добавить по одной капле фенолфталеина. Под влиянием каких ионов окрасился фенолфталеин?

В одну пробирку добавить по каплям 0,5 М раствор соляной или серной кислоты, во вторую – 0,5 М раствор уксусной кислоты до обесцвечивания раствора. Объясните исчезновение гидроксид-ионов в процессе добавления кислоты. В каком случае обесцвечивание происходит быстрее? Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций. Сравните константы диссоциации уксусной кислоты и воды. Объясните почему равновесие ионного процесса смещается в сторону образования воды при наличии в левой части равенства малодиссоциированных молекул уксусной кислоты.

4. Гидролиз солей

Опыт 11. Гидролиз по катиону

При помощи рН-метра определить кислотность 1 М растворов солей: CuSO_4 , ZnSO_4 , NiSO_4 , CoCl_2 , MnCl_2 . Для этого в 3 мерных стаканчиках на 100 мл налить по 50 мл указанных преподавателем растворов солей. Написать уравнения реакции гидролиза. Рассчитать константу гидролиза.

Опыт 12 Гидролиз по аниону

При помощи рН-метра или фенолфталеина определить кислотность 1 М растворов солей: Na_2CO_3 , K_2CO_3 , Na_3PO_4 , KNO_2 , K_2SO_3 , $\text{Na}_4\text{B}_4\text{O}_7$, Na_2S (по указанию преподавателя). Написать уравнения реакций гидролиза.

Опыт 13. Необратимый гидролиз

В 3 пробирки налить по 2 мл 0,5 М растворов $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 (по указанию преподавателя), добавить равный объем 0,5 М раствора карбоната натрия. Наблюдать выпадение осадков. Содержимое каждой пробирки разлить в две

пробирки. В одну пробирку добавить 2 М раствор соляной кислоты, во вторую - 2 М раствор щелочи. Наблюдать растворение осадков. Написать уравнения реакций.

Опыт 14. Влияние температуры на гидролиз

В пробирку с раствором ацетата натрия прибавить 2 капли фенолфталеина и нагреть на водяной бане (в стакане с горячей водой). Отметить усиление окраски с повышением температуры. Написать уравнения реакций.

ВАРИАНТЫ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

№	Обменные р-ции	PH	ПР	Гидролиз
1	1	36(а), 45(а)	90(а)	149(а-в)
2	2	36(б), 45(б)	90(б)	149(г-е)
3	3	36(а), 45(в)	90(в)	150(а-в)
4	4(а-в)	36(г), 47	90(г)	150(г-е)
5	4(в-г)	37, 48	90(д)	152(а)
6	5(а-в)	38(а), 50	91(а)	152(б)
7	5(г-е)	38(б), 51	91(б)	152(в)
8	6	39(а), 52	91(в)	152(г)
9	7	39(б), 57	91(г)	152(д)
10	8	39(в), 59	91(д)	152(е)
11	9	40(а), 60	91(е)	152(ж)
12	10	40(б), 61(а)	91(ж)	152(з)
13	11	40(в), 61(б)	91(з)	152(и)
14	12	40(г), 61(в)	95	152(к)
15	13	40(д), 63(а)	96(а)	152(л)
16	14	41, 63(б)	96(б)	154
17	15	42(а), 63(в)	96(в)	155
18	16	42(б), 64(в)	96(г)	158
19	17	42(в), 64(б)	96(д)	153(а)
20	18	42(г), 64(в)	98	153(б)
21	19	42(д), 65	100(а)	153(в)
22	20(а, б)	42(е), 66	100(б)	153(г)
23	20(в, г)	42(г), 67	101	153(д)
24	21	43(а), 68	104	156
25	22	43(б), 69	105	157
26	24(а, б)	43(в), 74	108	159
27	24(в, г)	43(г), 76	110	160
28	27(а-в)	44(б), 77	111	149(а-в)
29	27(г-е)	44(в), 78	113	150(г-е)
30	30	45, 80	115	152(а)