

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
Институт химии

Авторы – составители:

Кожина Л.Ф., Захарова Т.В.

**САМОПОДГОТОВКА ПО ТЕМЕ  
«РАСТВОРЫ И ИХ СВОЙСТВА»**

Учебно-методическое пособие

Саратов  
2014

УДК 543  
ББЛ 24.1я73  
К58

Авторы – составители: Кожина Л.Ф., Захарова Т.В.  
Самоподготовка по теме «Растворы и их свойства». Учебно-методическое пособие [электронный ресурс] - 2014. - 41 с.

Данная работа является пособием по обучению навыкам решения химических задач различного типа по теме «Растворы и их свойства», которая является одной из наиболее сложных тем дисциплины «Общая и неорганическая химия». Одновременно оно является сборником задач и упражнений. В каждом разделе приведены задачи для самоконтроля полученных знаний. Изучение теоретического материала становится более доступным и понятным после освоения алгоритмов решения типовых задач. Содержание материала данного пособия привязано к программе изучаемой дисциплины. Решение задач требует от студентов совершенствования процесса познания, мыслительных и практических действий на основе знания законов и теорий химии. Контроль усвоения изученного материала проводится в виде тестовых заданий и контрольной работы. В пособие представлены варианты тестовых заданий и решение одного из вариантов теста. Показан методический подход к решению тестовых заданий. Самостоятельная работа с тестовыми заданиями и контрольной работой окажет существенную помощь студентам при освоении изучаемого материала.

Пособие предназначено для студентов института химии СГУ направления подготовки «Техносферная безопасность».

Авторы надеются, что изложенный материал окажется полезным для студентов Института химии других направлений подготовки, а также для студентов нехимических факультетов, изучающих химию.

Рекомендуют:

Кафедра общей и неорганической химии СГУ  
НМС Института химии СГУ

Рецензент:

Доцент кафедры общей и неорганической химии  
Института химии СГУ Акмаева Т.А.

В соответствии с рабочими программами химических дисциплин, изучаемых на 1 курсе Института химии (направление подготовки «Техносферная безопасность» и на нехимических факультетах СГУ, **самостоятельная** (внеаудиторная) работа студентов является *основой процесса изучения* дисциплины и составляет не менее 50% от всего объема часов. При этом значительная часть от объема часов, отведенных на выполнение лабораторных работ, также относится к самостоятельной работе, но аудиторной, осуществляемой под руководством преподавателя.

Самостоятельная работа - составная часть учебной работы и имеет целью закрепление и углубление знаний, полученных на аудиторных занятиях; поиск и приобретение новых знаний и умений. Умение самостоятельно работать является не только средством, но и целью обучения. Самостоятельная работа – трудная, но необходимая часть учебной работы, так как в ней заложена возможность самостоятельности мышления, творческой активности. Это позволяет студентам глубже разобраться в сути теоретических вопросов и руководствоваться полученными знаниями в своей профессиональной деятельности. Преподаватель не учит, он лишь помогает студенту учиться. А студент должен иметь желание учиться. Только в этом случае можно достичь положительного результата.

Теоретический материал любой дисциплины можно изучать по различным учебникам и пособиям. Но для этого необходимо научиться работать с книгой. Просто читая тот или иной учебник невозможно освоить изучаемый материал. Студент должен работать с книгой, бумагой и ручкой, делая записи, т.е. выделяя главное, на что необходимо обратить особое внимание. Почему необходимо писать? А потому что, когда пишешь, концентрация мысли наибольшая и нет возможности рассредоточиться и отвлечься.

В ходе обучения эффективно использовать метод «от простого – к сложному». Изучение материала нужно проводить небольшими порциями, желательно по каждому разделу темы отдельно. Если вам кажется, что теоретический материал темы освоен достаточно хорошо, проверьте себя и решите задачи, рассмотренные в пособии, отложив его в сторону. Если вся работа выполнена полностью самостоятельно, то можно считать, что вы овладели изучаемым материалом. А если задания выполнялись, подсматривая в пособие, то это может привести к неутешительным результатам при выполнении самостоятельных и контрольных работ, заданий зачета и сдаче экзамена. Не обманывайте сами себя!

Если ошибки при выполнении заданий повторяются достаточно часто, то необходимо еще раз проработать теоретический материал и решение типовых задач.

Особенностью данного пособия является большое число разобранных примеров задач. Объясняя решение примера, мы стремились показать подход и методику поиска ответов на поставленные вопросы.

Решение задач – один из элементов процесса изучения дисциплины. При решении задач закрепляются и углубляются теоретические знания, приобретаются навыки и умения применять основные законы к решению конкретных задач, приобретаются навыки пользования математическим аппаратом и навыки вычисления.

Общие рекомендации, которым необходимо следовать при решении задач:

- несколько раз перечитайте условие задачи для того, чтобы правильно понять задание и найти то место, с которого следует начинать решение задачи;
- все физические величины выразите в одной системе единиц; например, проверьте ответ задачи во избежания нелепых результатов: масса раствора объемом 1л с плотностью 1,2 г/мл равна 1,2 г; объем раствора необходимо перевести в мл, т.к. плотность раствора выражена в г/мл и тогда масса раствора равна произведению объема на плотность и составляет  $1000 \text{ мл} \cdot 1,2 \text{ г/мл} = 1200 \text{ г}$  или 1,2 кг;
- напишите уравнения реакций и расставьте коэффициенты;
- выразите количества реагирующих веществ и продуктов реакции в моль;
- запишите необходимые пропорции и уравнения, связывающие известные и неизвестные величины, и решите их; математические расчеты обязательно доводить до конкретного числового ответа (возводить в степень, извлекать корни, вычислять логарифмы чисел и т.д.);
- решение задач и упражнений нужно сопровождать пояснением;
- необходимо аккуратно записывать решение задачи, особых правил оформления решения не существует.

Однако ход решения нужно представить в виде последовательных действий и выделять основные результаты и ответ задачи. Это необходимо для того, чтобы готовясь к зачету или экзамену, можно было вернуться к ранее решенным задачам, просмотреть условие и проанализировать решение задач, обратить внимание на задачи, которые ранее вызывали наибольшие затруднения.

Хороших результатов при обучении можно добиться только при систематической работе. Необходимо помнить, что лень – залог болезни. Лень – враг беды. Лень – врата, закрывающие перед тобой будущее. Лень –

враг созидания. Человек должен укреплять и поддерживать ум и память в состоянии физиологической активности. Ум надо постоянно тренировать. Это к ленивым умом приходит склероз, у ленивых ослабевают память. Причем тренировать память необходимо с юного возраста и продолжать всю жизнь.

Рассмотрим примеры решения различных типов задач.

### Тепловой эффект процесса растворения

**Пример 1.** Рассчитайте энтальпию растворения гидроксида калия и нитрата калия в воде.

Решение.

	<i>KOH</i>	<i>KNO<sub>3</sub></i>	
$\Delta H^{\circ}_{\text{раств.}}$ , кДж/моль	790	684	
	<i>K<sup>+</sup></i>	<i>OH<sup>-</sup></i>	<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>
$\Delta H^{\circ}_{\text{гидр.}}$ , кДж/моль	-339	-511	-31

В случае растворения 1 моль *KOH* энтальпия растворения складывается из энтальпии распада 1 моль *KOH* на ионы и энтальпии гидратации 1 моль ионов *K<sup>+</sup>* и 1 моль ионов *OH<sup>-</sup>*:  $\Delta H^{\circ}_{\text{раств}} = 790 - 339 - 511 = -60$  (кДж)

Энтальпия растворения нитрата калия составляет:  $684 - 339 - 310 = 35$  (кДж).

Следовательно, растворение гидроксида калия – процесс экзотермический, а нитрата калия – процесс эндотермический.

**Пример 2.** Энтальпия растворения гидроксида натрия *NaOH* в воде составляет -35 кДж/моль. Рассчитайте тепловой эффект (кДж) растворения 20 г этого вещества в воде.

Решение.  $\Delta H^{\circ}_{\text{раств.}}$  1 моль гидроксида натрия *NaOH* (40 г) = -35 кДж

$\Delta H^{\circ}_{\text{раств.}}$  0,5 моль гидроксида натрия *NaOH* (20 г) = *x* кДж

$x = -35 \cdot 20 / 40 = -17,5$  (кДж).

Следовательно, тепловой эффект растворения 20 г гидроксида натрия в воде равен -17,5 кДж.

**Пример 3.** Вычислите теплоту реакции перехода безводного сульфата натрия в кристаллогидрат, если теплоты растворения безводного *Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>* и семиводного сульфитов натрия *Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>·7H<sub>2</sub>O* соответственно равны -11 и +47 кДж/моль.

Решение.  $Na_2SO_3(тв) = Na_2SO_3(р-р)$

$\Delta H^{\circ}_{\text{раств.}}$  1 моль *Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>* = -11 (кДж), а для *Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>·7H<sub>2</sub>O(тв) = Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>(р-р)*

$\Delta H^{\circ}_{\text{раств.}}$  1 моль *Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>·7H<sub>2</sub>O* = 47 (кДж). Превращение безводной соли в кристаллогидрат описывается уравнением:  $Na_2SO_3 + 7H_2O = Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$

$\Delta H^{\circ}$  перехода безводного сульфита натрия в кристаллогидрат равно разности тепловых эффектов:  $-11 - 47 = -58$  (кДж/моль).

### Проверь себя

1. Используя правило «подобное растворяется в подобном», приведите примеры веществ, хорошо растворимых в неполярных органических растворителях.
2. При растворении NaCl в воде поглощается теплота ( $\Delta H^0=3,84\text{кДж/моль}$ ). Пользуясь принципом Ле-Шателье, установите, как влияет температура на растворимость этой соли.
3. При растворении в воде сульфата натрия и сульфата меди (безводных) наблюдается повышение температуры раствора; при растворении же кристаллогидратов  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и многих других веществ ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) температура растворов понижается. Объясните эти явления.
4. Теплота растворения  $\text{CuSO}_4$  составляет  $-66,1\text{ кДж/моль}$ , а теплота перевода безводной соли в кристаллогидрат  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  равна  $-78,8\text{ кДж/моль}$ . Вычислите теплоту растворения кристаллогидрата  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

### Формулы, наиболее часто используемые при решении задач

$\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ра}}}$	$N_1 = \frac{v_1}{v_1 + v_2}$	$C_M = \frac{v}{V_{\text{р-ра}}}$
$K_A = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$		$C_m = \frac{v}{m_{\text{р-ля}}}$
$K_B = \frac{[\text{Me}^+][\text{OH}^-]}{[\text{MeOH}]}$		$\alpha = \frac{N_{\text{дисс.}}}{N_{\text{общ.}}}$
$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$		$\alpha = \frac{i-1}{n-1}$
$\text{IP}_{(A_xB_y)} = A_{-}^{\bar{x}} \cdot B_{-}^{\bar{y}}$		$\alpha = \sqrt{K/C} \quad h = \sqrt{K_{\Gamma}/C}$

$\Delta G_r^0 = -RT \ln K_p$ $\Delta G_{\text{растворения}}^0 = -RT \ln \text{ПР}$ $\Delta G_{\text{гидролиза}}^0 = -RT \ln K_{\text{гидролиза}}$	$pH = -\lg H^+$ $pOH = -\lg OH^-$ $pH + pOH = 14$
$\Delta t_{\text{зам.}} = \frac{K \cdot m_1 \cdot 1000}{M \cdot m_2}$	Разрушение комплекса с образованием осадка $K_{\text{равн}} = 1/\text{ПР} \cdot K_{\text{уст}}$
$\Delta t_{\text{кип.}} = \frac{E \cdot m_1 \cdot 1000}{M \cdot m_2}$	Растворение осадка с образованием комплекса $K_{\text{равн}} = K_{\text{уст}} \cdot \text{ПР}$
$P_{\text{осм.}} = vRT/V$	$\frac{P_0 - P_1}{P_0} = \frac{\Delta P}{P_0} = \frac{v_1}{v_1 + v_2} = N$

### ГИДРОЛИЗ

По аниону $K_r = \frac{K_w}{K_a}$	По катиону $K_r = \frac{K_w}{K_b}$	По катиону и аниону $K_r = \frac{K_w}{K_a K_b}$
--------------------------------------	---------------------------------------	--

### Реакции нейтрализации

Сильная кислота + сильное основание	$K_p = \frac{1}{K_w}$
Сильная кислота + слабое основание	$K_p = \frac{K_b}{K_w}$
Слабая кислота + сильное основание	$K_p = \frac{K_a}{K_w}$

### Перерасчет ПР на растворимость

S (моль/л) вещества A<sub>x</sub>B<sub>y</sub>:

x:y = 1:1      S = $\sqrt{\text{ПР}}$	x:y = 3:1 (1:3)      S = $\sqrt[4]{\text{ПР}/27}$
x:y = 2:1(1:2)      S = $\sqrt[3]{\text{ПР}/4}$	x:y = 3:2 (2:3)      S = $\sqrt[5]{\text{ПР}/108}$

### Задачи на расчет концентраций растворов

**Пример 4.** При упаривании раствора сульфата натрия массой 150 г получили 16,1 г кристаллогидрата  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Определите массовую долю  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в исходном растворе.

Решение.  $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$

Определяем количество вещества кристаллогидрата:  $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = m/M = 16,1/322 = 0,05$  моль, отсюда  $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,05$  моль, рассчитываем массу сульфата натрия:  $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \nu \cdot M = 0,05 \cdot 142 = 7,1$  г, и определяем массовую долю сульфата натрия в растворе:  $w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = m(\text{Na}_2\text{SO}_4)/m(p\text{-ра}) \cdot 100\% = 7,1/150 \cdot 100\% = 4,7\%$ .

**Пример 5.** Какую массу  $\text{SO}_3$  нужно растворить в 100 г воды, чтобы получить раствор серной кислоты с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  49 %?

Решение. При растворении оксида серы (VI) в воде образуется серная кислота:  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ . Обозначим количество оксида серы, необходимое для получения кислоты через  $x$ . Согласно уравнению реакции:  $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{SO}_3)$ ;  $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = x$ . Выражаем массы оксида серы и серной кислоты:  $m(\text{SO}_3) = \nu \cdot M = 80x$ ;  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu \cdot M = 98x$ .

Подставив в выражение  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4)/(m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{SO}_3)) \cdot 100\%$  известные значения, получаем:  $49 = 98x/(100 + 80x) \cdot 100\%$ , откуда  $x = 0,83$  моль;  $\nu(\text{SO}_3) = 0,83$  моль. Рассчитываем массу оксида серы:  $m(\text{SO}_3) = \nu \cdot M = 0,83 \cdot 80 = 66,4$  г.

**Пример 63.** Определите молярную концентрацию гидроксида натрия в растворе с массовой долей  $\text{NaOH}$  30,78 % ( $\rho = 1,34$  г/мл).

Решение. Пусть объем раствора равен 1 л. Рассчитываем его массу:  $m(p\text{-ра}) = V(p\text{-ра}) \cdot \rho(p\text{-ра}) = 1000 \cdot 1,34 = 1340$  г.

Определяем массу вещества  $\text{NaOH}$  в растворе:  $m(\text{NaOH}) = (w \cdot m(p\text{-ра})) / 100\% = (30,78 \cdot 1340) / 100\% = 412$  г.

Определяем количество вещества  $\text{NaOH}$ :  $\nu(\text{NaOH}) = m/M = 412/40 = 10,3$  моль, тогда молярная концентрация  $\text{NaOH}$  в растворе:  $C(\text{NaOH}) = \nu/V(p\text{-ра}) = 10,3/1 = 10,3$  моль/л.

**Пример 7.** Вычислите растворимость  $\text{BaCl}_2$  в воде при  $0^\circ\text{C}$ , если при этой температуре в 13,1 г насыщенного раствора содержится 3,1 г  $\text{BaCl}_2$ .

Решение.  $m(p\text{-ра}) = m(в\text{-ва}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 3,1 + m(\text{H}_2\text{O}) = 13,1$  г, следовательно,  $m(p\text{-ля}) = 10$  г.

Составим пропорцию 10 г р-ля – 3,1 г  $\text{BaCl}_2$

100 г р-ля –  $x$  г  $\text{BaCl}_2$

Растворимость  $\text{BaCl}_2$  при  $0^\circ\text{C}$  равна:  $(100 \cdot 3,1) / 10 = 31$  г.

**Пример 8.** Растворимость  $\text{AlCl}_3$  при  $0^\circ\text{C}$  равна 44,9 г, а при  $80^\circ\text{C}$  – 48,6 г. Какова масса соли, выпадающей в осадок, если 540,0 г раствора хлорида алюминия охладить от  $80$  до  $0^\circ\text{C}$ ?

Решение. Взаимосвязь между растворимостью вещества и его массовой долей выражается:  $w = S/(S+100) \cdot 100\%$ .

Рассчитываем массовую долю растворенного вещества при температуре  $80$  и  $0^\circ\text{C}$ :

а) при  $80^\circ\text{C}$ :  $w(\text{AlCl}_3) = 48,6/(48,6 + 100) \cdot 100\% = 32,7\%$ ;

б) при  $0^\circ\text{C}$ :  $w(\text{AlCl}_3) = 44,9/(44,9 + 100) \cdot 100\% = 30,98\%$ .

По условию задачи имеем раствор массой 540 г, насыщенный при  $80^\circ\text{C}$ , с  $w = 32,7\%$ . Рассчитываем массу хлорида алюминия в растворе:  $m(\text{AlCl}_3) = w \cdot m(p\text{-ра})/100\% = 32,7 \cdot 540/100\% = 176,6$  г.

При охлаждении раствора до  $0^\circ\text{C}$  в осадок выпадает  $x$  г  $\text{AlCl}_3$ , что приводит к уменьшению массы растворенного вещества и раствора на величину  $x$ .

При  $0^\circ\text{C}$ :  $w(\text{AlCl}_3) = (176,6 - x)/(540 - x) \cdot 100\% = 30,98\%$ , тогда решая это уравнение, находим, что  $x = 13,5$  г  $\text{AlCl}_3$ .

**Пример 9.** Смешали 300 г 40 %-ного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 800 г 20 %-ного раствора той же кислоты. Вычислите массовую долю вещества в полученном растворе.

Решение. Учитывая, что  $w = m(v\text{-ва})/m(p\text{-ра}) \cdot 100\%$ , рассчитываем массу  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в первом и втором растворах:  $m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 40 \cdot 300/100\% = 120$  г,  $m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20 \cdot 800/100\% = 160$  г.

Масса  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в полученном растворе равна:  $m_3 = m_1 + m_2 = 120 + 160 = 280$  г, а масса раствора после смешивания равна:  $m_3(p\text{-ра}) = m_1(p\text{-ра}) + m_2(p\text{-ра}) = 300 + 800 = 1100$  г.

Массовая доля серной кислоты в растворе после смешивания:  $w_3 = m_3(v\text{-ва})/m_3(p\text{-ра}) \cdot 100\% = 280/1100 \cdot 100\% = 25,5\%$ .

**Пример 10.** Определите мольную долю этилового спирта ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) в растворе, полученном из 4,6 г спирта и 90 г воды.

Решение. Количество вещества можно рассчитать:  $\nu = m/M$ ;  $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 90/18 = 5$  моль, а  $\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 4,6/46 = 0,1$  моль.

Тогда мольная доля растворенного вещества в растворе равна:  $N = \nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})/(\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + \nu(\text{H}_2\text{O})) = 0,1/(0,1+5) = 0,02$ .

**Проверь себя**

1. Рассчитайте массу кристаллогидрата  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , которую нужно растворить в воде для получения 100г 15%-ного раствора соли  $\text{MgSO}_4$ .
2. Вычислите молярную концентрацию 49%-ного раствора  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ( $\rho=1,33\text{г/мл}$ ).
3. Определите мольную долю вещества в растворе, полученном при растворении в 72г воды 0,56г гидроксида калия.
4. Какое количество растворенного вещества содержится в 200г раствора хлорида натрия с массовой долей 10%?
5. Вычислите процентное содержание  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе кислоты,  $C = 5\text{М}$ ,  $\rho=1,29\text{ г/мл}$ .
6. Рассчитайте мольную долю вещества в 30%-ном водном растворе сульфата меди (II).
7. Рассчитайте массу 15%-ного раствора хлорида натрия, которую надо добавить к 200г воды, чтобы получить 10%-ный раствор этой соли.
8. Вычислить молярную концентрацию раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с массовой долей растворенного вещества 15% и плотностью 1,105 г/мл.
9. Рассчитайте мольную долю вещества в растворе, который получен растворением в 90г воды 4,6г  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .
10. Определите массу воды, которую нужно добавить к 20%-ному раствору гидроксида натрия, чтобы получить 200 г 10%-ного раствора.
11. Сколько граммов вещества следует взять для приготовления 2л 0,6 моль/л раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
12. Мольная доля бромида натрия в водном растворе составляет 0,1. Определите массовую долю  $\text{NaBr}$  в этом растворе.
13. Рассчитайте массу хлорида бария, которую нужно добавить к 500г 10%-ного раствора этой соли, чтобы получить 20%-ный раствор.
14. После упаривания 5л 10%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,1 г/мл) масса раствора уменьшилась на 3кг. Рассчитайте массовую долю гидроксида калия (%) в растворе после упаривания.
15. Какое количество растворенного вещества (г) содержится в 150мл 0,3 моль/л раствора серной кислоты?
16. Смешали 0,5л 7%-ной серной кислоты (плотность 1,046 г/мл) и 150г 25%-ной серной кислоты. Рассчитайте массовую долю (%) серной кислоты в конечном растворе.
17. Рассчитайте массу 20%-ного раствора нитрата калия, необходимого для приготовления 600г 8%-ного раствора.

### Задачи на коллигативные свойства растворов

**Пример 11.** Вычислите давление пара воды над раствором, содержащим 45 г глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ) в 720 г воды при 25 °С. Давление пара воды при 25 °С составляет 3168 Па.

Решение.  $P = P_0 \cdot \nu(H_2O) / (\nu(H_2O) + \nu(C_6H_{12}O_6))$ , где  $\nu(H_2O) = m/M = 720/18 = 40$  моль,  $\nu(C_6H_{12}O_6) = 45/180 = 0,25$  моль, тогда  $P = 3168 \cdot 40 / (40 + 0,25) = 3148$  Па.

**Пример 12.** Температура кипения ацетона 56,1°С, а его эбулиоскопическая константа равна 1,73. Вычислите температуру кипения 8%-ного раствора глицерина ( $C_3H_8O_3$ ) в ацетоне.

Решение.  $\Delta t_{\text{кип.}} = \frac{E \cdot m_1 \cdot 1000}{M \cdot m_2} = \frac{1,73 \cdot 8 \cdot 1000}{92 \cdot 92} = 1,6$  °С

$t_{\text{кип.р-ра}} = t_{\text{кип.р-ля}} + \Delta t_{\text{кип.}} = 56,1 + 1,6 = 57,7$  °С.

**Пример 13.** При растворении 0,4 г некоторого вещества в 10 г воды температура кристаллизации раствора понижается на 1,24° С. Вычислите молекулярную массу растворенного вещества ( $K(H_2O) = 1,86$ ).

Решение.

$\Delta t_{\text{зам.}} = \frac{K \cdot m_1 \cdot 1000}{M \cdot m_2}$ , отсюда  $M(\text{в-ва}) = \frac{K \cdot m_1 \cdot 1000}{\Delta t_{\text{зам.}} \cdot m_2} = 1,86 \cdot 0,4 \cdot 1000 / (1,24 \cdot 10) = 60$  г/моль.

**Пример 14.** Вычислите осмотическое давление раствора при температуре 24°С в 1,5 л которого содержится 40 мг сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ( $M = 342$  г/моль).

Решение. Необходимо выразить массу вещества в г  $= 40 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-2} = 0,040$  (г). Температуру выразить в К  $= 273 + 24 = 297$  К.  $R = 8,31$  Дж/моль·К. Осмотическое давление рассчитывается по формуле:  $P = cRT$  (Па), где  $c$  – концентрация моль/м<sup>3</sup> или  $P = c_m RT$  (кПа), где  $c_m$  – концентрация моль/л. Таким образом,  $P = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 8,31 \cdot 297 = 98,7$  (Па).

**Пример 15.** В 500 мл раствора содержится 34 мг растворенного вещества. Осмотическое давление раствора при 270С равно 1840Па. Вычислите молекулярную массу вещества.

Решение. Температура = 273 + 27 = 300 К.  $R = 8,31$  Дж/моль·К. Масса растворенного вещества =  $34 \cdot 10^{-3}$  (г) =  $3,4 \cdot 10^{-2}$  (г).

Объем раствора = 0,5 л. Масса вещества, содержащаяся в 1 л раствора, равна  $3,4 \cdot 10^{-2} / 0,5 = 0,068$  (г). Тогда  $M = RT m/P$ , где  $P = 1,84$  КПа. Таким образом,  $M = 0,068 \cdot 8,31 \cdot 300 / 1,84 = 92$  (г/моль).

**Проверь себя**

1. При какой температуре замерзает раствор, приготовленный растворением в 200мл воды сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  массой 20,52г.
2. Вычислите температуру кипения 5%-ного раствора сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  в воде.
3. Раствор, содержащий глицерин массой 13,8г в воде, объемом 1л замерзает при  $-0,279^{\circ}C$ . Найдите  $M$  глицерина.
4. При какой температуре должен кипеть раствор, содержащий растворенный неэлектролит количеством вещества 0,062 моль в воде, объемом 200мл?
5. Температура кипения ацетона  $56,1^{\circ}C$ , а его эбуллиоскопическая константа равна  $1,73^{\circ}$ . Вычислите температуру кипения 8%-ного раствора глицерина ( $C_3H_8O_3$ ) в ацетоне.
6. Вычислите осмотическое давление 0,25М раствора сахара при  $38^{\circ}C$ .
7. В каком количестве воды следует растворить 23г глицерина  $C_3H_8O_3$ , чтобы получить раствор с температурой кипения  $100,104^{\circ}C$ ?
8. Вычислите температуру кипения раствора, содержащего 100г сахара  $C_{12}H_{22}O_{11}$  в 750г воды.
9. При растворении 5,0г вещества в 200г воды получается не проводящий тока раствор, кристаллизующийся при  $-1,45^{\circ}C$ . Определите молекулярную массу растворенного вещества.
10. Чему равна молярная концентрация раствора неэлектролита, если при  $17^{\circ}C$  его осмотическое давление составляет 1204,5 Па?
11. Сколько граммов  $C_{12}H_{22}O_{11}$  надо растворить в 100г воды, чтобы понизить температуру кристаллизации раствора на 1 градус?
12. Какая масса сахарозы находится в растворе объемом 200мл, если осмотическое давление этого раствора при  $0^{\circ}C$  равно  $6,61 \cdot 10^5$  Па?

### Задачи на свойства растворов электролитов

**Пример 16.** Как изменится степень диссоциации уксусной кислоты при добавлении к ее раствору ацетата натрия?

Решение: Уксусная кислота – слабый электролит, диссоциация обратимая:  $CH_3COOH \leftrightarrow H^+ + CH_3COO^-$

Введение в равновесную систему сильного электролита  $CH_3COONa$  увеличивает концентрацию ионов  $CH_3COO^-$  (продукта реакции диссоциации), т.к. ацетат натрия - сильный электролит и полностью распадается на ионы:



что в соответствии с принципом Ле Шателье приводит к значительному сдвигу равновесия диссоциации влево, т.е. к уменьшению степени диссоциации.

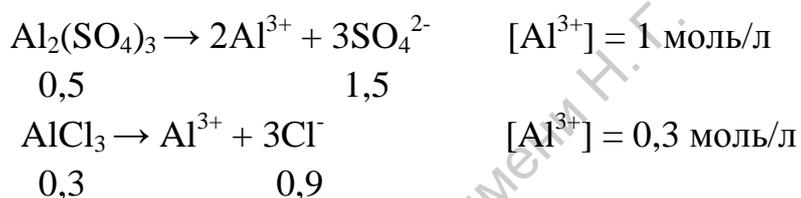
**Пример 17.** Степень диссоциации сульфита калия в водном растворе с концентрацией 0,6 моль/л равна 0,83. Чему равна концентрация ионов калия в этом растворе?



В соответствии с уравнением диссоциации:  $[K^+] = 2 \cdot C_{K_2SO_3} \cdot \alpha = 2 \cdot 0,83 \cdot 0,6 \approx 1$  моль/л.

**Пример 18.** В воде растворили сульфат и хлорид алюминия. Количественный анализ показал, что концентрация хлорид-ионов в растворе 0,9 моль/л, а сульфат-ионов – 1,5 моль/л. Рассчитайте концентрацию ионов алюминия в растворе.

Решение: Сульфат и хлорид алюминия – сильные электролиты и диссоциируют полностью:



Используя уравнение диссоциации, находим концентрацию ионов  $Al^{3+}$ , образующихся при диссоциации каждой соли. Общая концентрация ионов алюминия в растворе составляет 1,3 моль/л.

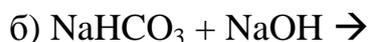
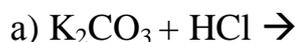
### Проверь себя

1. Составьте суммарное и ступенчатые уравнения диссоциации  $H_2SO_4$ .
2. Составьте уравнение диссоциации соли  $Na_2[Zn(OH)_4]$ .
3. Напишите молекулярное, полное и краткое ионные уравнения реакции взаимодействия оксида магния с азотной кислотой.
4. Составьте уравнения диссоциации солей хлорида натрия, сульфата алюминия, нитрата железа(III), карбоната натрия. Укажите вещество, при полной диссоциации 1 моль которого образуется наибольшее количество ионов.
5. Составьте уравнение электролитической диссоциации сульфата алюминия и укажите количество ионов, образующихся в растворе.
6. Составьте уравнение диссоциации по первой стадии  $Na_3[Al(OH)_6]$  и укажите количество ионов, образующихся в растворе.
7. При диссоциации каких веществ в растворе в качестве единственного катиона образуются катионы водорода? Для ответа составьте уравнения диссоциации.

8. Напишите выражения констант диссоциации электролитов  $H_2S$  и  $Pb(OH)_2$  для каждой ступени диссоциации. Как взаимосвязаны ступенчатые константы диссоциации с общей константой?

9. Напишите молекулярное, полное и краткое ионные уравнения реакции взаимодействия гидроксида алюминия с серной кислотой.

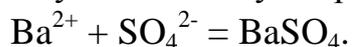
10. Допишите уравнения реакций



и укажите неосуществимую в водном растворе реакцию.

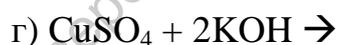
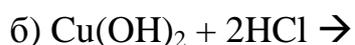
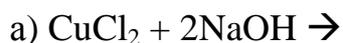
11. Имеется раствор хлорида алюминия с молярной концентрацией 0,02. Определите концентрации ионов в растворе.

12. Используя таблицу растворимости, составьте молекулярное уравнение реакции, если ему соответствует краткое ионное



13. Имеется раствор соли  $KCl \cdot MgCl_2$ , общая концентрация хлорид ионов в растворе равна 0,03 моль/л. Определите исходную концентрацию соли в растворе.

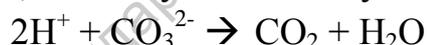
14. Допишите уравнения реакций



и укажите те, которые описываются одинаковым сокращенным ионным уравнением.

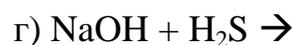
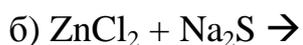
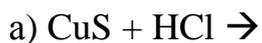
15. Имеется раствор  $KAl(SO_4)_2$  с концентрацией соли 0,01 моль/л. Определите концентрацию сульфат-ионов в растворе.

16. Используя таблицу растворимости, составьте молекулярное уравнение реакции, если ему соответствует краткое ионное

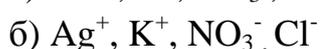


17. В воде растворили сульфат и хлорид алюминия. Количественный анализ показал, что концентрация хлорид-ионов в растворе 1,5 моль/л, а сульфат-ионов 2,25 моль/л. Определите концентрацию алюминия.

18. Краткому ионному уравнению  $S^{2-} + 2H^+ = H_2S$  соответствует взаимодействие между веществами:



19. Используя таблицу растворимости, укажите ионы, которые могут одновременно находиться в растворе:



20. Напишите уравнения диссоциации солей  $KClO_3$ ,  $KCl$ ,  $NH_4Cl$  и укажите вещества, водные растворы которых содержат хлорид-ионы. Как можно доказать наличие в растворе хлорид-ионов? Составьте соответствующее уравнение реакции в молекулярном, полном и кратком ионном виде.

21. Составьте уравнение диссоциации  $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3$ . Как можно доказать наличие в растворе сульфат-ионов?

### Расчет pH и pOH в растворах слабых и сильных электролитов

**Пример 19.** Молярная концентрация хлороводородной кислоты равна  $1 \cdot 10^{-5}$  моль/л. Рассчитайте значения pH и pOH раствора.

Решение.  $HCl$  - сильный электролит,  $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ .  
 $[H^+] = C_{HCl} = 1 \cdot 10^{-5}$ ,  $pH = -\lg(10^{-5}) = 5$ ,  $pOH = 14 - 5 = 9$ .

**Пример 20.** pH в растворе NaOH равен 12. Рассчитайте концентрацию основания.

Решение.  $NaOH$  - сильный электролит,  $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$   
 $pOH = 14 - 12 = 2$ ,  $-\lg[OH^-] = 2$ ;  $[OH^-] = 1 \cdot 10^{-2}$  моль/л. Концентрация основания составляет  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л.

**Пример 21.** Определите концентрацию ионов водорода в 0,01 моль/л растворе гидроксида бария, в котором степень диссоциации  $Ba(OH)_2$  равна 1.

Решение. Гидроксид бария диссоциирует по схеме  
 $Ba(OH)_2 \rightarrow Ba^{2+} + 2OH^-$   
Учитывая, что  $\alpha = 1$ ,  $[OH^-] = 2[Ba(OH)_2] = 2 \cdot 0,01 = 2 \cdot 10^{-2}$  моль/л;  $[H^+] = 10^{-14}/[OH^-] = 10^{-14}/2 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-13}$  моль/л.

**Пример 22.** Считая диссоциацию щелочи полной, определите pH раствора, 1 л которого содержит 4г NaOH.

Решение.  $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$ ,  $\nu(NaOH) = m/M = 4/40 = 0,1$  моль,  
 $C_{NaOH} = \nu(NaOH)/V(p-ра) = 1 \cdot 10^{-1}$  моль/л,  $[OH^-] = C_{NaOH} = 1 \cdot 10^{-1}$  моль/л,  
тогда  $pOH = 1$ , а  $pH = 14 - 1 = 13$ .

**Пример 23.** Молярная концентрация раствора  $CH_3COOH$  равна 0,1 моль/л. Определите значения pH и pOH раствора.

Решение.  $CH_3COOH$  - слабый электролит  
 $CH_3COOH \leftrightarrow H^+ + CH_3COO^-$   
Для расчета  $[H^+]$  необходимо знать степень диссоциации  $CH_3COOH$  в растворе заданной концентрации. Для этого используем табличное значение константы диссоциации кислоты  $K = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ,  
 $\alpha = \sqrt{K/C} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5}/0,1} = 1,3 \cdot 10^{-2}$ ;  $[H^+] = C \cdot \alpha = 0,1 \cdot 1,3 \cdot 10^{-2} = 1,3 \cdot 10^{-3}$ ;  
 $pH = -\lg[H^+] = -\lg(1,3 \cdot 10^{-3}) = 2,9$ ;  $pOH = 14,0 - 2,9 = 11,1$ .

**Пример 24.** Определите концентрацию ионов  $[\text{OH}^-]$  в  $0,01\text{M}$   $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Рассчитайте  $\text{pH}$  этого раствора.

Решение. Гидроксид аммония – слабый электролит и диссоциирует обратимо:  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ . В соответствии с законом Оствальда степень диссоциации  $\alpha = \sqrt{K/C} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} / 0,01} = \sqrt{18 \cdot 10^{-4}} = 4,24 \cdot 10^{-2}$ . Равновесная концентрация ионов  $[\text{OH}^-] = \alpha \cdot C = 4,24 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2} = 4,24 \cdot 10^{-4}$  моль/л,  $\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = 3,37$ , а  $\text{pH} = 14,0 - 3,37 = 10,63$

### Проверь себя

1. Степень диссоциации фтороводородной кислоты  $\text{HF}$  в растворе  $0,1$  моль/л равна  $15\%$ . Рассчитайте концентрацию ионов водорода в этом растворе.
2. Имеются растворы двух кислот: азотной и уксусной с одинаковыми молярными концентрациями. В каком из растворов величина  $\text{pH}$  больше?
3. При разбавлении раствора азотной кислоты  $\text{pH}$  увеличивается на единицу. Во сколько раз был разбавлен раствор?
4. Определите  $\text{pH}$   $0,1\text{M}$  раствора щелочи  $\text{LiOH}$ , если степень диссоциации равна  $80\%$ .
5. Определите концентрацию ионов водорода в растворе уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  с концентрацией  $0,1$  моль/л, степень диссоциации кислоты  $10\%$ .
6. Определите  $\text{pH}$   $0,1\text{M}$  раствора соляной кислоты.
7. Определите  $\text{pH}$  раствора  $\text{KOH}$  с концентрацией  $0,01$  моль/л.
8. Рассчитайте  $\text{pH}$  растворов, в которых молярная концентрация ионов водорода равна  $1 \cdot 10^{-2}$  и  $1 \cdot 10^{-7}$  моль/л. Какова реакция среды в каждом растворе?

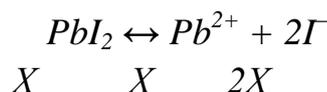
### Равновесия в растворах труднорастворимых веществ

**Пример 25.** Насыщенный раствор фторида кальция при  $25^\circ\text{C}$  содержит  $1,68 \cdot 10^{-3}$  г соли в  $100$  мл раствора. Рассчитайте  $\text{PP}_{\text{CaF}_2}$ .

Решение. Процесс диссоциации при растворении  $\text{CaF}_2$  протекает следующим образом:  $\text{CaF}_2 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{F}^-$ .  $\text{PP}(\text{CaF}_2) = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2$ . Для расчета  $\text{PP}$  необходимо определить концентрацию ионов в насыщенном растворе. Молярная масса  $M(\text{CaF}_2) = 78$  г/моль. Молярная концентрация насыщенного раствора равна:  $C = 1,68 \cdot 10^{-3} / 78 \cdot 0,1 = 2,15 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Концентрация  $[\text{Ca}^{2+}] = 2,15 \cdot 10^{-4}$  моль/л,  $[\text{F}^-] = 4,30 \cdot 10^{-4}$  моль/л, тогда  $\text{PP} = 2,15 \cdot 10^{-4} \cdot (4,30 \cdot 10^{-4})^2 = 3,97 \cdot 10^{-11}$ .

**Пример 26.** Рассчитайте растворимость в воде иодида свинца при  $25^\circ\text{C}$  в моль/л и г/л, если  $\text{PP}$  соли равно  $8,10 \cdot 10^{-9}$ .

Решение. Процесс диссоциации при растворении  $PbI_2$  протекает следующим образом:



Обозначим растворимость  $PbI_2$  в моль/л через  $X$ . Тогда  $PP_{PbI_2} = [Pb^{2+}][I^-]^2 = X(2X)^2 = 4X^3 = 8,1 \cdot 10^{-9}$ , откуда  $X = \sqrt[3]{\frac{8,1 \cdot 10^{-9}}{4}} = 1,27 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Умножив полученную величину на молярную массу соли, получим растворимость в г/л:  $1,27 \cdot 10^{-3}$  моль/л  $\cdot 461$  г/моль = 0,58 г/л.

**Пример 27.** При каком значении рН начнется выпадение осадка гидроксида железа  $Fe(OH)_2$  из 0,1 моль/л раствора  $FeSO_4$  при добавлении раствора гидроксида натрия  $NaOH$ ?

Решение.  $FeSO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + Fe(OH)_2$



$PP$  гидроксида железа  $Fe(OH)_2 = [Fe^{2+}][OH^-]^2 = 1,1 \cdot 10^{-15}$

$FeSO_4$  – сильный электролит, поэтому  $[Fe^{2+}] = 0,1$  моль/л.

$[OH^-]^2 = PP / [Fe^{2+}] = 1,1 \cdot 10^{-15} / 0,1 = 10^{-14}$ ,  $[OH^-] = 10^{-7}$  моль/л.  $pOH = -\lg[OH^-] = 7$ . Следовательно,  $pH = 14 - 7 = 7$ .

**Пример 28.** Рассчитайте величину растворимости  $PbI_2$  в присутствии 0,1 моль/л иодида калия,  $PP_{PbI_2} = 8,10 \cdot 10^{-9}$ .

Решение. Запишем уравнение диссоциации

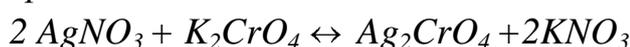


Концентрацию исходного вещества и катионов свинца примем равной  $X$  моль/л. Тогда,  $PP_{PbI_2} = [Pb^{2+}][I^-]^2 = 8,10 \cdot 10^{-9}$ . Концентрация йодид-ионов в растворе определяется концентрацией  $KI = 0,1$  моль/л, с учетом уравнения диссоциации сильного электролита иодида калия:

$KI \rightarrow K^+ + I^-$ ,  $PP_{PbI_2} = [Pb^{2+}][I^-]^2 = X(0,1)^2$ ,  $X = 8,10 \cdot 10^{-7}$ . Эта величина значительно меньше, чем  $1,27 \cdot 10^{-3}$  моль/л (см. пример 26), что указывает на уменьшение растворимости иодида свинца в присутствии одноименных ионов.

**Пример 29.** Смешали 40 мл раствора  $AgNO_3$  с концентрацией  $2 \cdot 10^{-3}$  моль/л и 70 мл раствора  $K_2CrO_4$  с концентрацией  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Выпадет ли осадок  $Ag_2CrO_4$  ( $PP_{Ag_2CrO_4} = 1,10 \cdot 10^{-12}$ )?

Решение. Запишем уравнение реакции взаимодействия растворов нитрата серебра и хромата калия:



Рассчитаем концентрацию ионов  $\text{Ag}^+$  и  $\text{CrO}_4^{2-}$  в растворе после реакции, учитывая, что объем полученного раствора равен  $40 + 70 = 110$  мл:  $[\text{Ag}^+] = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 40 / 110 = 0,73 \cdot 10^{-3}$  моль/л,  $[\text{CrO}_4^{2-}] = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 70 / 110 = 0,64 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

Реальное произведение концентраций ионов в растворе:  $[\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] = (0,73 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,64 \cdot 10^{-7} = 3,4 \cdot 10^{-11}$ .

Сравним полученную величину с табличным значением  $\text{PP}_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}$ :  $3,4 \cdot 10^{-11} > 1,10 \cdot 10^{-12}$ . Следовательно, хромат серебра выпадает в осадок.

### Проверь себя

1. Пользуясь величиной произведения растворимости ( $4,8 \cdot 10^{-9}$ ), вычислите растворимость  $\text{CaCO}_3$  в 1 моль/л.
2. Образуется ли осадок, если смешать насыщенный раствор  $\text{CaSO}_4$  с раствором  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  того же объема и концентрации 0,02 моль/л?
3. Насыщенный раствор  $\text{BaCrO}_4$  содержит  $1,5 \cdot 10^{-5}$  моль соли в 1л раствора. Вычислите произведение растворимости хромата бария.
4. Образуется ли осадок  $\text{SrSO}_4$ , если смешать растворы  $\text{SrCl}_2$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$  с равной молярной концентрацией  $1,0 \cdot 10^{-3}$  в равных объемах?
5. Вычислите растворимость (моль/л и г/л) фосфата бария  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ .  $\text{PP} = 6,3 \cdot 10^{-39}$ .
6. При какой концентрации фосфат-иона  $\text{PO}_4^{3-}$  начнется выпадение осадка  $\text{AlPO}_4$  из раствора хлорида алюминия с концентрацией 0,01 моль/л?  $\text{PP}(\text{AlPO}_4) = 5,75 \cdot 10^{-19}$ .
7. При какой концентрации хромат-иона  $\text{CrO}_4^{2-}$  начнется выпадение осадка  $\text{PbCrO}_4$  ( $\text{PP} = 2,88 \cdot 10^{-13}$ ) из раствора  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  с концентрацией 0,1 моль/л?
8. В 1л насыщенного при комнатной температуре раствора  $\text{AgIO}_3$  содержится 0,044г соли. Вычислите произведение растворимости  $\text{AgIO}_3$ .
9. Будет ли выпадать осадок сульфида меди (II) при смешивании 200мл раствора сульфата меди (II) с концентрацией 0,1 моль/л и 400мл раствора сульфида натрия с концентрацией  $1,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л.  $\text{PP}(\text{CuS}) = 6,3 \cdot 10^{-36}$ .
10. Сформулируйте правило растворения осадков. Для этого используйте следующие данные: соли  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  имеют близкие значения  $\text{PP}$  ( $4,4 \cdot 10^{-9}$  и  $2,3 \cdot 10^{-9}$ ), однако, первая из них растворяется в уксусной кислоте, а вторая нет. Чем это можно объяснить? Будет ли растворяться оксалат кальция в соляной кислоте?
11. В 3л насыщенного раствора  $\text{PbSO}_4$  содержится в виде ионов 0,093 г свинца. Вычислите произведение растворимости  $\text{PbSO}_4$ .
12. Произведение растворимости фосфата кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 2,0 \cdot 10^{-29}$ . вычислите растворимость в воде  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в моль/л.

13. Сформулируйте условия образования осадка. Будет ли образовываться осадок при сливании растворов  $Pb(NO_3)_2$  с концентрацией  $6,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л и  $K_2SO_4$  с концентрацией  $2,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л? Объем каждого из растворов 0,5 л.

14. Как связаны между собой произведение растворимости (ПР) и растворимость вещества (S) для бинарных и трехионных труднорастворимых электролитов? Для обоснования ответа рассмотрите в качестве примера  $CuS$  (ПР= $6,3 \cdot 10^{-36}$ ) и  $CaF_2$  (ПР= $4,0 \cdot 10^{-11}$ ).

15. В каком из насыщенных растворов,  $ZnS$  или  $CdS$ , концентрация сульфид-ионов больше и во сколько раз? ПР( $ZnS$ )= $1,6 \cdot 10^{-24}$ , ПР( $CdS$ )= $6,5 \cdot 10^{-28}$

16. Соли  $Ag_2C_2O_4$ ,  $CaF_2$ ,  $PbC_2O_4$  и  $RaSO_4$  имеют ПР одного порядка. Укажите соли, имеющие и растворимость одного порядка.

### Равновесия в растворах комплексных соединений

**Пример 30.** Как определить направление реакции



с участием комплексных соединений?

Решение. Для ответа на этот вопрос необходимо записать краткое ионное уравнение



Запишем выражение  $K_{уст}([Ag(NH_3)_2]^+) = [Ag(NH_3)_2^+] / [Ag^+] [NH_3]^2$

Запишем выражение  $K_{уст}([Ag(NO_2)_2]^-) = [Ag(NO_2)_2^-] / [Ag^+] [NO_2^-]^2$

Выражение константы равновесия данного процесса можно записать:

$$K = [Ag(NO_2)_2^-] [NH_3]^2 / [Ag(NH_3)_2^+] [NO_2^-]^2$$

Полученное выражение константы равновесия умножим и поделим на величину  $[Ag^+]$ :

$$K = [Ag(NO_2)_2^-] [NH_3]^2 [Ag^+] / [Ag(NH_3)_2^+] [NO_2^-]^2 [Ag^+] =$$

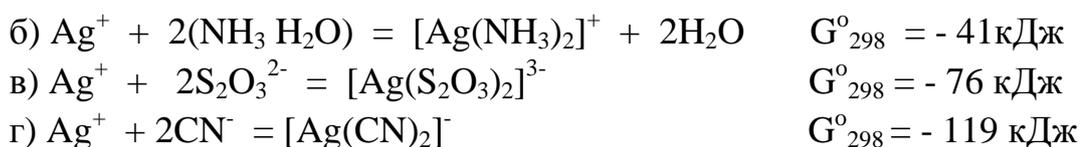
$$= K_{уст}([Ag(NO_2)_2]^-) / (K_{уст}([Ag(NH_3)_2]^+)) = 6,76 \cdot 10^2 / 1,74 \cdot 10^7 = 3,88 \cdot 10^{-5}.$$

Равновесие в системе смещено в сторону обратной реакции, т.к. константа равновесия  $< 1$ . Сравнение значений констант устойчивости для аммиачного комплекса ( $K_{уст}([Ag(NH_3)_2]^+) = 1,74 \cdot 10^7$ ) и нитритокомплекса серебра ( $K_{уст}([Ag(NO_2)_2]^-) = 6,76 \cdot 10^2$ ) показывает, что равновесие в системе смещено в сторону обратной реакции, т.е. в сторону более устойчивого амминкомплекса (более слабого электролита).

**Пример 31.** Образование какого комплекса термодинамически наиболее возможно и как это согласуется с константами устойчивости комплексов? Для ответа используйте следующие значения стандартных энергий Гиббса реакции образования некоторых комплексов серебра (1) в водном растворе (при 25°C):



$$G^{\circ}_{298} = - 30 \text{ кДж}$$



Решение. Как видно из приведенных значений энергии Гиббса термодинамически наиболее возможной является реакция образования цианидного комплекса; чем меньше значение энергии Гиббса, тем более устойчиво соединение. Подтверждением этому являются значения констант устойчивости комплексов:

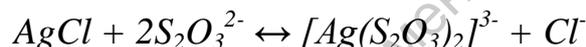
$$\begin{aligned} K_{\text{уст.}}([\text{AgCl}_2]) &= 1,1 \cdot 10^5 & K_{\text{уст.}}([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) &= 1,74 \cdot 10^7 \\ K_{\text{уст.}}([\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^{3-}) &= 2,88 \cdot 10^{13} & K_{\text{уст.}}([\text{Ag}(\text{CN})_2]^-) &= 7,08 \cdot 10^{19} \end{aligned}$$

**Пример 32.** Растворится ли осадок хлорида серебра в тиосульфате натрия?

Решение. Запишем уравнение химической реакции:



Уравнение реакции в ионном виде имеет вид:



Запишем уравнение диссоциации комплексного иона и выражение для константы устойчивости:

$$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} \leftrightarrow \text{Ag}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}, K_{\text{уст}} = \frac{[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}}{[\text{Ag}^+][\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]^2} = 2,88 \cdot 10^{13}$$

Произведение растворимости для хлорида серебра имеет вид:

$$PP = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1,78 \cdot 10^{-10}$$

Запишем выражение константы равновесия для процесса растворения хлорида серебра:

$$K_{\text{равн}} = \frac{[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}[\text{Cl}^-]}{[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]^2}$$

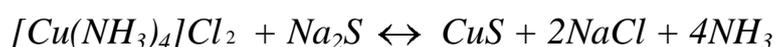
Числитель и знаменатель в выражении для константы равновесия умножим и поделим на  $[\text{Ag}^+]$ , тогда:

$$K_{\text{равн}} = \frac{[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}[\text{Cl}^-][\text{Ag}^+]}{[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]^2[\text{Ag}^+]} = K_{\text{уст}} \cdot PP = 2,88 \cdot 10^{13} \cdot 1,78 \cdot 10^{-10} = 5,13 \cdot 10^3$$

$K_{\text{равн}} > 1$ , равновесие смещено в сторону прямой реакции, образования комплексного соединения. Хлорид серебра растворяется в тиосульфате натрия.

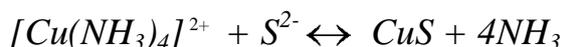
**Пример 33.** Можно ли разрушить хлорид тетраамминомеди (II) сульфидом натрия?

Решение. Взаимодействие комплексной соли с сульфидом натрия можно представить:



Возможность протекания данной реакции, можно оценить по значению  $K_{равн}$  процесса.

Ионное уравнение имеет вид:



$$K_{равн} = \frac{[NH_3]^4}{[Cu(NH_3)_4]^{2+} [S^{2-}]}$$

Диссоциацию данного комплексного иона можно записать следующим образом:



Выражение для константы устойчивости комплексного иона и ПР труднорастворимой соли имеет вид:

$$K_{уст} = \frac{[[Cu(NH_3)_4]^{2+}]}{[Cu^{2+}][NH_3]^4}, \quad ПР(CuS) = [S^{2-}][Cu^{2+}]$$

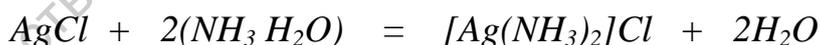
Умножим и поделим выражение  $K_{равн}$  на  $[Cu^{2+}]$ :

$$K_{равн} = \frac{[NH_3]^4 [Cu^{2+}]}{[[Cu(NH_3)_4]^{2+}][S^{2-}][Cu^{2+}]} = \frac{1}{ПР \cdot K_{уст}} = \frac{1}{1,07 \cdot 10^{12} \cdot 6,3 \cdot 10^{-36}} = 1,48 \cdot 10^{23}$$

$K_{равн} \gg 1$ , следовательно, равновесие системы смещено в сторону прямой реакции, т.е. происходит разрушение комплекса и образование осадка сульфида меди.

**Пример 34.** Объясните, почему хлорид серебра лучше растворяется в 1 М растворе аммиака, чем в таком же растворе, содержащем хлорид аммония с концентрацией 1 моль/л.

Решение. Запишем уравнение реакции растворения хлорида серебра в растворе аммиака:



Хлорид аммония как сильный электролит в растворе полностью диссоциирует:  $NH_4Cl = NH_4^+ + Cl^-$ , что приводит к увеличению в растворе хлорид-ионов и поэтому в соответствии с принципом Ле Шателье вызывает смещение равновесия влево, т.е. растворимость хлорида серебра уменьшается.

### Проверь себя

1. Раствор какого комплексного соединения является более сильным электролитом?

1)  $[Cu(CN)_2]^-$   $K_{уст} = 1 \cdot 10^{24}$

2)  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$   $K_{уст} = 7,25 \cdot 10^{10}$

3)  $[Cu(S_2O_3)_2]^{3-}$   $K_{уст} = 1,86 \cdot 10^{12}$

4)  $[Cu(OH)_4]^{2-}$   $K_{уст} = 3,63 \cdot 10^{14}$

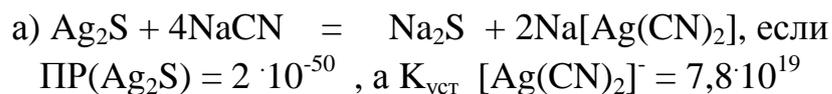
2. Наибольшее количество катионов серебра содержит раствор соли:

1)  $[Ag(CN)_2]^-$   $K_{уст} = 7,08 \cdot 10^{19}$

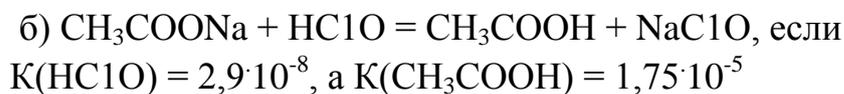
2)  $[Ag(NH_3)_2]^+$   $K_{уст} = 1,74 \cdot 10^7$



3. В каком направлении смещено равновесие в системе:

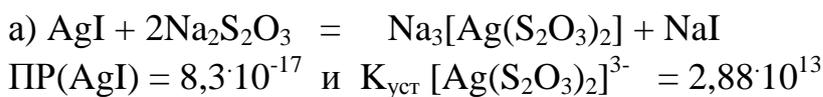


- 1) в направлении прямой реакции
- 2) в направлении обратной реакции

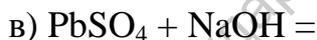
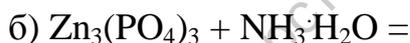
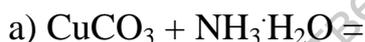


- 1) в направлении прямой реакции
- 2) в направлении обратной реакции

4. Рассчитайте константу равновесия в системе:



5. Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном видах:



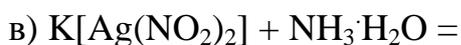
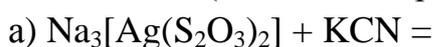
6. Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионно-молекулярном видах:



7. Комплексные ионы  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{NCS})_6]^{3-}$  и  $[\text{FeF}_6]^{3-}$  характеризуются следующими константами устойчивости  $7,9 \cdot 10^{43}$ ;  $1,7 \cdot 10^3$  и  $1,2 \cdot 10^{16}$  соответственно. Составьте ряд, в котором частицы можно расположить с учетом увеличения силы лиганда.

8. Определите в каких случаях возможно взаимодействие между растворами электролитов. Напишите уравнения в молекулярной и ионной формах. Для

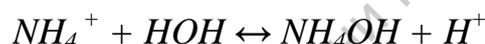
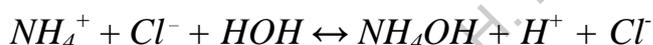
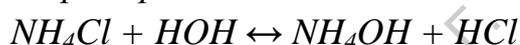
обоснования ответа используйте величины констант устойчивости комплексов (таблично-справочные данные).



### Процессы гидролиза и их количественные характеристики

**Пример 35.** Как можно рассчитать константу равновесия реакции гидролиза (константу гидролиза) в водном растворе соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой?

Решение. Рассмотрим на примере  $\text{NH}_4\text{Cl}$ :



Применяя закон действия масс к рассматриваемому гидролитическому равновесию, и, учитывая, что концентрация воды постоянна, запишем выражение константы гидролиза:

$$K_r = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

Умножив числитель и знаменатель на  $[\text{OH}^-]$  получим:

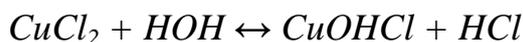
$$K_r = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} = \frac{K_w}{K} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 6 \cdot 10^{-10}$$

$K$  - константа диссоциации слабого основания.

Если процесс гидролиза протекает ступенчато, то каждая ступень характеризуется своей константой гидролиза. При этом необходимо знать константы диссоциации слабого основания по каждой ступени:



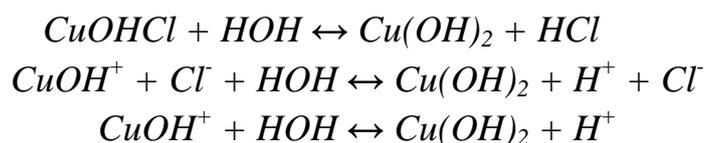
1 ступень гидролиза:



Краткое ионное уравнение гидролиза показывает, что в реакцию вступает катион меди  $\text{Cu}^{2+}$ , который образуется на 2-й ступени диссоциации слабого основания, поэтому константа гидролиза по первой ступени

$$K^1 = K(\text{H}_2\text{O}) / K_{\text{осн}}^2 = 1 \cdot 10^{-14} / 7,9 \cdot 10^{-14} = 0,12$$

2 ступень гидролиза:



Краткое ионное уравнение позволяет рассчитать константу гидролиза  $K^2_z = K(\text{H}_2\text{O}) / K^1_{\text{осн}} = 1 \cdot 10^{-14} / 3,4 \cdot 10^{-7} = 0,29 \cdot 10^{-7}$ .

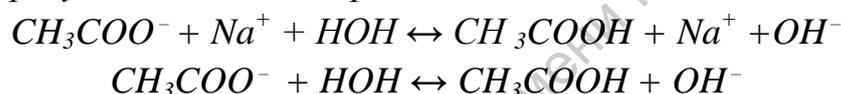
Следовательно, гидролиз по первой ступени протекает в большей степени, т.к.  $K^1_z = 0,12 > K^2_z = 0,29 \cdot 10^{-7}$ .

**Пример 36.** Как рассчитать константу гидролиза в водном растворе соли, образованной слабой кислотой и сильным основанием?

Решение. Рассмотрим гидролиз таких солей на примере ацетата натрия. В воде соль диссоциирует полностью:



С водой возможна реакция лишь того иона, который с одним из ионов воды ( $\text{H}^+$  или  $\text{OH}^-$ ) образует слабый электролит:



Запишем выражение константы гидролиза с учетом того, что концентрация воды в достаточно разбавленном растворе практически не изменяется:

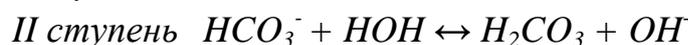
$$K_r = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

Умножив числитель и знаменатель на равновесную концентрацию ионов водорода  $[\text{H}^+]$  получим:

$$K_r = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]} = \frac{K_{\omega}}{K} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,86 \cdot 10^{-5}} = 5,38 \cdot 10^{-10}$$

$K$  - константа диссоциации слабой кислоты.

Если соль образована слабой двухосновной кислотой, то гидролиз протекает ступенчато. Например, гидролиз  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  протекает ступенчато:



Гидролиз этой соли характеризуется двумя константами гидролиза:

$$K_1 = \frac{K_{\omega}}{K_{\text{HCO}_3^-}} = 2,0 \cdot 10^{-4} \quad K_2 = \frac{K_{\omega}}{K_{\text{H}_2\text{CO}_3}} = 2,2 \cdot 10^{-8}$$

Поскольку константа диссоциации иона  $\text{HCO}_3^-$  ( $K_2 = 5,6 \cdot 10^{-11}$ ) меньше константы диссоциации  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ( $K_1 = 4,3 \cdot 10^{-7}$ ) примерно на четыре порядка, то во столько же раз константа гидролиза первой ступени больше константы гидролиза второй ступени. Это означает, что щелочная

реакция раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  обусловлена главным образом первой ступенью гидролиза.

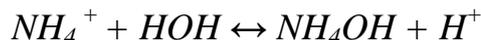
**Пример 37.** Как рассчитать константу гидролиза в растворе соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой?

Решение. Гидролиз такой соли рассмотрим на примере ацетата аммония  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ .

Эта соль диссоциирует в воде по уравнению:



Оба иона  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  с водой образуют слабые электролиты:



Или в суммарном виде:



В молекулярном виде:



В связи с тем, что константы диссоциации  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$  примерно одинаковы ( $1,86 \cdot 10^{-5}$  и  $1,8 \cdot 10^{-5}$ ), концентрации ионов  $\text{OH}^-$  и  $\text{H}^+$  также равны, поэтому раствор ацетата аммония имеет практически нейтральную среду.

Применяя закон действия масс к рассматриваемому процессу гидролиза, получим выражение константы гидролиза:

$$K_r = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{NH}_4^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

Умножив числитель и знаменатель на произведение  $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$ , получим выражение:

$$K_r = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+][\text{OH}^-]} = \frac{K_w}{K_a K_b} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,86 \cdot 10^{-5} \cdot 1,8 \cdot 10^{-5}} = 0,3 \cdot 10^{-4},$$

где  $K_a$  – константа диссоциации слабой кислоты;

$K_b$  – константа диссоциации слабого основания.

Итак, константа гидролиза соли, образованной слабой кислотой и слабым основанием, определяется отношением ионного произведения воды к произведению констант диссоциации слабой кислоты и слабого основания.

Реакция раствора при гидролизе таких солей может отличаться от нейтральной. Это зависит от относительной силы образующих соль кислоты и основания. Если кислота сильнее основания ( $K_a > K_b$ ), среда будет слабокислотной, если основание сильнее кислоты ( $K_a < K_b$ ), среда будет слабощелочной.

**Пример 38.** Как влияет сила кислоты (основания), образующих соль, на гидролиз?

Решение. Чем слабее кислота (меньше  $K_a$ ), тем сильнее гидролизуется соль (больше  $K_2$ ), тем больше значение  $pH$  раствора.

Именно этим объясняется различное значение  $pH$  в растворах солей (с одинаковой молярной концентрацией) ортофосфата  $Na_3PO_4$ , гидроортофосфата  $Na_2HPO_4$ , и дигидроортофосфата натрия  $NaH_2PO_4$ .

$Na_3PO_4$  среда раствора сильно щелочная,  $K_2 = K(H_2O) / K_3(H_3PO_4) = 10^{-14} / 5,0 \cdot 10^{-13} = 0,2 \cdot 10^{-1}$

$Na_2HPO_4$  среда раствора менее щелочная,  $K_2 = K(H_2O) / K_2(H_3PO_4) = 10^{-14} / 6,2 \cdot 10^{-8} = 0,16 \cdot 10^{-6} = 1,6 \cdot 10^{-5}$

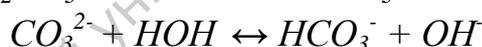
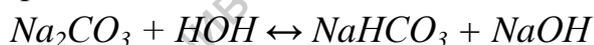
$NaH_2PO_4$  среда раствора близка к нейтральной (слабо кислая),

$K_2 = K(H_2O) / K_1(H_3PO_4) = 10^{-14} / 7,1 \cdot 10^{-3} = 0,14 \cdot 10^{-11} = 1,4 \cdot 10^{-10}$ .

В наибольшей степени гидролизуется средняя соль, т.к. она образована наиболее слабым по кислотным свойствам анионом фосфорной кислоты:

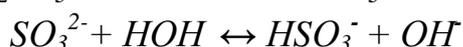
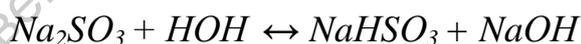


Чаще всего сравнивают соли, образованные одним катионом, но разными анионами, чтобы оценить влияние силы кислоты, образующей соль. Рассмотрим в качестве примера гидролиз солей карбоната  $Na_2CO_3$  и сульфита  $Na_2SO_3$  натрия:



гидролиз по аниону, среда раствора щелочная

$K_2 = K(H_2O) / K_2(H_2CO_3) = 10^{-14} / 5,6 \cdot 10^{-11} = 1,78 \cdot 10^{-2}$



гидролиз по аниону, среда раствора щелочная

$K_2 = K(H_2O) / K_2(H_2SO_3) = 10^{-14} / 6,2 \cdot 10^{-8} = 1,6 \cdot 10^{-5}$ .

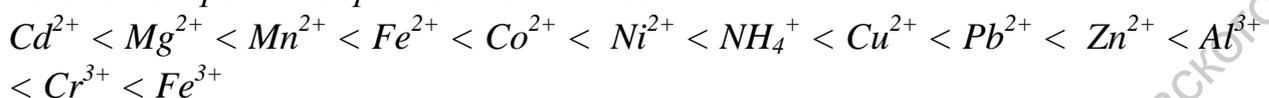
Сравнивая константы диссоциации кислот и константы гидролиза, видно, что величины констант диссоциации угольной кислоты меньше константы диссоциации сернистой кислоты, и соль, образованная более слабой угольной кислоты подвергается гидролизу в большей степени:

$K_{гидр}(Na_2CO_3) 1,78 \cdot 10^{-2} > K_{гидр}(Na_2SO_3) 1,6 \cdot 10^{-5}$ .

Используя справочные данные о величинах констант диссоциации кислот, можно составить ряд анионов по увеличению степени гидролиза образованных ими солей:

$F^- < NO_2^- < CH_3COO^- < HCO_3^- < HS^- < SO_3^{2-} < HPO_4^{2-} < CO_3^{2-} < PO_4^{3-} < S^{2-} < SiO_3^{2-}$

Сравнивая константы гидролиза солей, образованных одинаковыми анионами, но различными катионами, можно утверждать, чем слабее основание (меньше  $K_{осн}$ ), тем сильнее гидролизуется соль, тем больше  $K_2$  и меньше  $pH$  раствора. Используя справочные данные о величинах констант диссоциации слабых оснований, составить ряд катионов по увеличению степени гидролиза образованных ими солей:



### Проверь себя

1. Напишите уравнение гидролиза хлорида железа(III) в водном растворе. Определите тип гидролиза и среду раствора. Как можно уменьшить гидролиз хлорида железа?
2. Какие типы солей подвергаются гидролизу по аниону? Как можно усилить гидролиз таких солей? Для подтверждения ответа составьте уравнения реакций гидролиза.
3. Напишите по стадиям уравнения реакций гидролиза солей железа  $FeCl_2$  и  $FeCl_3$ . Какая соль железа гидролизуется сильнее и почему?
4. Напишите по стадиям уравнения реакций гидролиза солей  $FeCl_3$  и  $CuSO_4$ . На основании чего можно утверждать, что последняя стадия реакции гидролиза этих солей не происходит?
5. Объясните причины, почему 1%-ные растворы фосфатов  $Na_3PO_4$ ,  $Na_2HPO_4$  и  $NaH_2PO_4$  имеют различные значения  $pH$ ? Для обоснованного ответа напишите уравнения реакций гидролиза и рассчитайте константы равновесия.
6. Почему при нагревании раствора  $NaHCO_3$  среда из очень слабощелочной становится сильнощелочной?
7. Какой тип солей подвергается в водном растворе гидролизу по катиону? Для примера напишите уравнение реакции гидролиза соответствующей соли. Как можно усилить гидролиз таких солей?
8. При нагревании разбавленного раствора ацетата натрия  $CH_3COONa$  (в присутствии фенолфталеина) окраска раствора становится розовой, а при охлаждении раствора окраска исчезает. Чем обусловлено данное явление?
9. Слили водные растворы хлорида алюминия и карбоната натрия. Составьте уравнение химической реакции и опишите внешние признаки.
10. Осадок какого соединения образуется при сливании водных растворов хлорида алюминия и сульфида натрия? Составьте уравнение реакции в

молекулярном, полном и кратком виде. Почему в водном растворе не существует  $Al_2S_3$ ?

**11.** Напишите уравнение гидролиза ацетата бария  $Ba(CH_3COOH)_2$  в молекулярном и ионном виде. Как можно подавить гидролиз данной соли?

Одно из составляющих контроля знаний студентов являются тестовые проверочные работы и самостоятельные проверочные задания. Домашняя самостоятельная проработка тестовых заданий и проверочных работ учит студентов работать с учебником, пособиями и справочными материалами, вырабатывает привычку систематического и последовательного изучения материала. Студенты 1 курса, освоившие в школе форму ЕГЭ по различным предметам, чаще всего считают, что и тестовые задания по изучаемой дисциплине (форма задания с выборочными ответами) имеют только один правильный ответ, и не прорабатывают до конца все предлагаемые ответы. Для устранения возможности интуитивного случайного выбора правильного ответа используется варьирование числа правильных ответов: в одном вопросе может быть только один правильный ответ, а в другом два или более. Имеются вопросы, где все приведенные ответы являются правильными. Такой подход к выполнению тестовых заданий в большей степени отражает уровень усвоения студентами изученного материала и его подготовленности к зачетам и экзамену.

Для аудиторного контроля самостоятельной внеаудиторной работы студентов по изучаемой теме проводится тестирование, на выполнение которого выделяется конкретное время (в зависимости от уровня подготовленности студентов). Данный вид контроля, проводимый под наблюдением преподавателя, включает в себя написание полного хода решения задачи и уравнений реакций вопроса 5. Ниже представлены возможные варианты тестовых заданий, компоновка которых может быть иной при выполнении работы в аудитории.

#### **Решение одного из вариантов теста:**

**1.** Какие вещества хорошо растворимы в бензоле?



#### **Решение:**

*Можно использовать экспериментальное правило «подобное растворяется в подобном»: бензол – органическое неполярное вещество, хорошо растворяет неполярные вещества. Ответ – 1,4.*

**2.** Степень диссоциации уксусной кислоты в её водном растворе можно повысить:

1) добавив в раствор кислоту

2) добавив в раствор воду

- 3) повысив температуру раствора    4) добавив щёлочи

**Решение:**

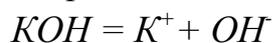
Степень диссоциации увеличивается при уменьшении концентрации раствора, т.к. при разбавлении увеличиваются расстояния между ионами и уменьшается возможность их соединения в молекулы, а также при повышении температуры и добавлении щелочи (катионы водорода связываются ионами OH). Ответ – 2,3,4.

3. рН раствора гидроксида калия равно 11. Какова концентрация щёлочи в растворе?

- 1)  $1 \cdot 10^{-3}$             2)  $1 \cdot 10^{-11}$             3)  $1 \cdot 10^3$             4)  $1 \cdot 10^{11}$

**Решение:**

Гидроксид калия сильный электролит, полностью диссоциирует на ионы:



$$pOH + pH = 14. \quad pOH = 14 - 11 = 3. \quad 3 = -\lg[OH^-], \quad [OH^-] = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Ответ – 1.

4. Определите массовую долю (%) азотной кислоты в растворе, полученном при сливании 0,2 л 18%-ого раствора с  $\rho = 1,1 \text{ г/мл}$  и 180 г 45%-ого раствора.

- 1) 23                      2) 28                      3) 30                      4) 31,5

**Решение:**

Для решения задачи используем формул: 
$$w = \frac{m_{\text{раств.вещ-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\%$$

Масса раствора (1) = объем раствора плотность раствора =  $200 \cdot 1,1 = 220 \text{ г}$ . Масса раствора после сливания двух растворов равна сумме их масс =  $220 + 180 = 400 \text{ г}$ . Масса растворенного вещества в растворе (1) =  $220 \cdot 0,18 = 39,6 \text{ г}$ . Масса вещества в растворе (2) =  $180 \cdot 0,45 = 81 \text{ г}$ .

Масса вещества в растворе (3) =  $39,6 + 81 = 120,6 \text{ г}$ . Массовая доля растворенного вещества в растворе (3) =  $120,6 / 400 = 0,30 = 30\%$ .

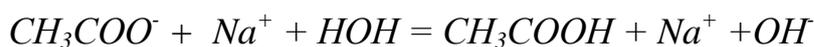
Ответ – 3.

5. Укажите соль, которая гидролизуеться по аниону, и напишите уравнение реакции гидролиза:

- 1)  $Ba(NO_3)_2$     2)  $CH_3COONa$     3)  $CH_3COONH_4$     4)  $NH_4NO_3$

**Решение:**

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно определить соль, которая образована сильным основанием и слабой кислотой: это ацетат натрия, данная соль образована сильным основанием NaOH и слабой кислотой CH<sub>3</sub>COOH. В растворе соль существует в виде ионов CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> и Na<sup>+</sup>, которые взаимодействуют с водой с образованием слабого электролита:



Краткое ионно-молекулярное:  $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HOH} = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$ ,  
гидролиз по аниону.

Молекулярное уравнение имеет вид:



Вариант

1. Растворимость  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в воде составляет 12,5 г при 20°C; 18,2 г при 30°C; 25,9 г при 40°C на 100 г воды. К какому типу процессов следует отнести растворение этой соли в воде?

- 1) экзотермическому                      2) эндотермическому  
3) атермическому                        4) не знаю

2. Какие факторы влияют на степень электролитической диссоциации?

- 1) температура                            2) концентрация растворённого вещества  
3) природа растворителя                4) природа растворённого вещества

3. У какого из растворов **наибольшее** значение pH?

1)  $[\text{OH}^-] = 5 \cdot 10^{-10}$  моль/л            2)  $[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-7}$  моль/л

3)  $[\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-4}$  моль/л            4)  $[\text{OH}^-] = 5 \cdot 10^{-8}$  моль/л

4. Определите массу воды (в граммах), которую необходимо выпарить из 235,3 мл 9%-ого раствора сульфата натрия  $\rho = 1,105$  г/мл, чтобы получить 15%-ный раствор.

- 1) 15,6                                      2) 18,3                                      3) 104                                      4) 156

5. В водных растворах каких солей среда **щелочная**? Составьте уравнения гидролиза.

- 1) ортофосфат натрия                    2) сульфид калия  
3) хлорид алюминия                      4) нитрат калия

Вариант

1. Какие факторы свидетельствуют о **химизме** процесса растворения?

- 1) диффузия                                2) тепловой эффект  
3) изменение окраски раствора      4) объёмный эффект

2. Какие электролиты при диссоциации в водном растворе образуют **ионы водорода**?

- 1) гидроксид калия                        2) соляная кислота  
3) гидрокарбонат натрия                4) хлорид кальция

3. Какова концентрация (моль/л) сульфат-ионов в 0,01 М растворе **сульфата железа (III)**?

- 1) 0,01                      2) 0,02                      3) 0,3                      4) 0,03
4. ПР  $CaCO_3$  равно  $1 \cdot 10^{-8}$ . Определите **растворимость** этой соли моль/л.
- 1)  $1 \cdot 10^{-1}$                       2)  $1 \cdot 10^{-2}$                       3)  $1 \cdot 10^{-4}$                       4)  $1 \cdot 10^{-8}$
5. В водном растворе какой соли **фенолфталеин малиновый**? Напишите уравнение гидролиза.
- 1) хлорид кальция                      2) нитрат бария  
3) сульфид натрия                      4) сульфат натрия

#### Вариант

1. Какие из перечисленных пар веществ **неограниченно** смешиваются друг с другом?
- 1) вода + бензол                      2) вода + этиловый спирт  
3) вода + сахароза                      4) гексан + гептан
2. Какие пары ионов, формулы которых приведены ниже, можно использовать при составлении молекулярных уравнений, которым отвечает сокращённое ионное  $CO_3^{2-} + 2H^+ = H_2O + CO_2$ ?
- 1)  $K^+$  и  $S^{2-}$                       2)  $Na^+$  и  $NO_3^-$   
3)  $NH_4^+$  и  $Cl^-$                       4)  $Ca^{2+}$  и  $SO_4^{2-}$
3. Если в растворе увеличивается концентрация **ионов водорода**, то:
- 1) pH раствора увеличивается                      2) раствор становится менее кислым  
3) pH раствора уменьшается                      4) раствор становится более кислым
4. На сколько градусов повысится температура кипения раствора, если в 100г воды растворить 9 г глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  ( $E=0,52$ )?
- 1) 0,13                      2) 0,52                      3) 0,26                      4) 0,72
5. В водных растворах каких солей среда **нейтральная** или близка к нейтральной? Напишите уравнения гидролиза.
- 1) карбонат натрия                      2) ацетат аммония  
3) нитрат кальция                      4) хлорид цинка

#### Вариант

1. При растворении **твёрдых** веществ энергия:
- 1) всегда поглощается                      2) может поглощаться или выделяться  
3) всегда выделяется                      4) не выделяется и не поглощается
2. В каких группах приведены формулы веществ, все из которых являются **сильными** электролитами?
- 1)  $CH_3COOH, MgCl_2, KOH$                       2)  $H_2S, H_2SO_4, H_2SO_3$



3. Укажите растворы, которые являются **кислыми**:

1)  $[H^+] = 1 \cdot 10^{-9}$  моль/л

2)  $[OH^-] = 3 \cdot 10^{-3}$  моль/л

3)  $[H^+] = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л

4)  $[OH^-] = 9,4 \cdot 10^{-9}$  моль/л

4. В насыщенном растворе хромата серебра ( $Ag_2CrO_4$ ) концентрация хромат-ионов равна  $1 \cdot 10^{-4}$ . Определите ПР этой соли.

1)  $1 \cdot 10^{-8}$

2)  $1 \cdot 10^{-10}$

3)  $4 \cdot 10^{-12}$

4)  $1 \cdot 10^{-16}$

5. При гидролизе каких солей образуются **основные** соли? Составьте уравнения гидролиза.

1) хлорид аммония

2) нитрат цинка

3) ацетат кальция

4) хлорид алюминия

Вариант

1. **Растворимость** веществ зависит от:

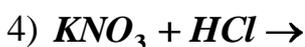
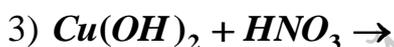
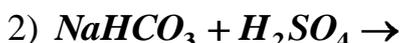
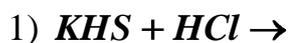
1) их природы

2) для газов от давления

3) природы растворителя

4) температуры

2. Укажите схемы реакций, которые в водном растворе протекают практически **необратимо**:



3. Чему равна концентрация (моль/л) катионов водорода в растворе питьевой соды, если  $pH=8,5$ ?

1)  $10^{8,5}$

2)  $10^{-8,5}$

3)  $10^{5,5}$

4)  $10^{-5,5}$

4. Растворимость соли  $A_2B$  равна  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Определите ПР этого соединения.

1)  $4 \cdot 10^{-9}$

2)  $1 \cdot 10^{-12}$

3)  $1 \cdot 10^{-6}$

4)  $4 \cdot 10^{-8}$

5. При гидролизе каких солей образуются **кислые** соли? Напишите уравнения гидролиза.

1) фторид калия

2) нитрит натрия

3) фосфат калия

4) сульфид натрия

Вариант

1. При небольшом увеличении давления растворимость газов в воде:

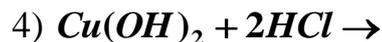
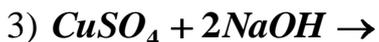
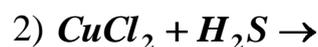
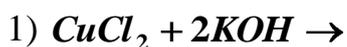
1) возрастает

2) уменьшается

3) не изменяется

2. Какие молекулярные уравнения, схемы которых приведены ниже, описываются одинаковыми сокращёнными ионными уравнениями?





3. Концентрация хлорид-ионов в водном растворе хлорида алюминия равна 0,06 моль/л. Чему равна концентрация соли?

1) 0,06

2) 0,04

3) 0,03

4) 0,02

4. Вычислите ПР  $PbBr_2$  при 25<sup>0</sup>С, если растворимость этой соли при 25<sup>0</sup>С равна  $1,32 \cdot 10^{-2}$  моль/л?

1)  $9,2 \cdot 10^{-6}$ 2)  $1,7 \cdot 10^{-4}$ 3)  $2,6 \cdot 10^{-8}$ 4)  $1,3 \cdot 10^{-2}$ 

5. Кислый раствор образуется при растворении в воде:

1)  $Na_2SO_3$ 2)  $Fe(NO_3)_3$ 3)  $AlCl_3$ 4)  $CH_3COONH_4$ 

Напишите уравнения гидролиза.

Вариант

1. Какие из перечисленных соединений хорошо растворимы в неполярных растворителях?

1)  $C_7H_{16}$ 2)  $Na_2CO_3$ 3)  $HCl$ 4)  $I_2$ 

2. Какое сокращённое ионное уравнение отвечает взаимодействию водных растворов гидрокарбоната калия и гидроксида калия?

1)  $HCO_3^- + OH^- = CO_3^{2-} + H_2O$ 2)  $H^+ + OH^- = H_2O$ 3)  $CO_3^{2-} + 2H^+ = H_2O + CO_2$ 4)  $KHCO_3 + OH^- = K^+ + CO_3^{2-} + H_2O$ 

3. Чему равен pH 0,01 М раствора серной кислоты?

1) 1

2) 3

3) 4

4) 2

4. При какой температуре будет замерзать раствор, содержащий 27 г глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  в 100 г воды ( $K=1,86$ )?

1) -0,279

2) -2,79

3) +2,79

4) +0,279

5. Укажите соль, которая гидролизуеться по катиону:

1)  $KBr$ 2)  $Ca(NO_3)_2$ 3)  $NH_4Cl$ 4)  $NaClO_4$ 

Напишите уравнение гидролиза.

## Контрольная работа по теме «Растворы»

Вариант 1

1. Рассчитайте массу кристаллогидрата  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , необходимую для приготовления 470г 20%-ного раствора  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .
2. Температура кипения ацетона  $56,1^\circ\text{C}$ , а его эбуллиоскопическая константа равна  $1,73^\circ$ . Вычислите температуру кипения 8%-ного раствора глицерина ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ) в ацетоне.
3. Имеется раствор с концентрацией  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  равной 0,02 моль/л. Определите концентрацию в растворе нитрат-ионов.
4. Определите рН 0,1М раствора соляной кислоты. Рассчитайте концентрацию катионов водорода и гидроксид-ионов в растворе этой кислоты.
5. Напишите уравнение гидролиза хлорида железа(III) в водном растворе. Определите тип гидролиза и среду раствора. Рассчитайте константу равновесия по первой стадии гидролиза соли. Как можно уменьшить гидролиз хлорида железа?
6. Пользуясь величиной произведения растворимости ( $4,8 \cdot 10^{-9}$ ), вычислите растворимость  $\text{CaCO}_3$  в 1 моль/л.
7. Выпадет ли осадок при сливании 150мл раствора хлорида натрия с концентрацией  $1,0 \cdot 10^{-4}$  моль/л и 150мл раствора нитрата серебра с концентрацией  $1,0 \cdot 10^{-5}$  моль/л.  $\text{PP}(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$ .
8. Плотность 15%-ного раствора серной кислоты равна 1,105 г/мл. Вычислите: а) молярность раствора; б) моляльность раствора; в) мольные доли кислоты и воды.

#### Вариант 2

1. Смешали 0,5л 7%-ной серной кислоты (плотность 1,046 г/мл) и 150г 25%-ной серной кислоты. Рассчитайте массовую долю (%) серной кислоты в конечном растворе.
2. Раствор, содержащий глицерин массой 13,8г в воде, объемом 1л, замерзает при  $-0,279^\circ\text{C}$ . Найдите молярную массу глицерина.
3. Имеется раствор соли  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2$ , общая концентрация хлорид ионов в растворе равна 0,03 моль/л. Определите исходную концентрацию соли в растворе.
4. Имеются растворы двух кислот: азотной и уксусной с одинаковыми молярными концентрациями. В каком из растворов величина рН больше? Дайте обоснованный ответ. Для этого рассчитайте концентрации катионов водорода в растворах кислот с концентрацией 0,01 М.
5. Напишите по стадиям уравнения реакций гидролиза солей железа  $\text{FeCl}_2$  и  $\text{FeCl}_3$ . Какая соль железа гидролизуеться сильнее и почему? Для обоснованного ответа рассчитайте константы равновесия по первой стадии

гидролиза. В растворе какой соли рН раствора будет иметь меньшее значение?

6. Насыщенный раствор  $\text{BaCrO}_4$  содержит  $1,5 \cdot 10^{-5}$  моль соли в 1л раствора. Вычислите произведение растворимости хромата бария

7. Плотность 13%-ного раствора карбоната натрия равна 1,13 г/мл. Вычислите: а) молярность раствора; б) моляльность раствора; в) мольные доли соли и воды.

8. Будет ли образовываться осадок при добавлении к 0,5л раствора  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  с концентрацией  $3,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л 0,5л раствора  $\text{KCl}$  с концентрацией  $3,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л?  $\text{PP}(\text{PbCl}_2) = 1,7 \cdot 10^{-5}$ .

### Вариант 3

1. Рассчитайте массу 20%-ного раствора нитрата калия, необходимого для приготовления 600г 8%-ного раствора.

2. Вычислите температуру кипения 5%-ного раствора сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  в воде.

3. Имеется раствор  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$  с концентрацией соли 0,01 моль/л. Определите концентрацию сульфат-ионов в растворе.

4. Определите рН 0,01м раствора гидроксида натрия. Напишите уравнение реакции нейтрализации щелочи раствором уксусной кислоты в молекулярном и ионном виде и рассчитайте константу равновесия.

5. Объясните причины, почему 1%-ные растворы фосфатов  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  имеют различные значения рН? Для обоснованного ответа напишите уравнения гидролиза и рассчитайте константы гидролиза. Выведите правило о влиянии силы кислоты, образующей соль, на гидролиз солей.

6. Вычислите растворимость (моль/л и г/л) фосфата бария  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ .  $\text{PP} = 6,3 \cdot 10^{-39}$ .

7. Плотность 10%-ного раствора гидроксида калия равна 1,1 г/мл. Вычислите: а) молярность раствора; б) моляльность раствора; в) мольные доли компонентов раствора.

8. Как связаны между собой произведение растворимости (PP) и растворимость вещества (S) для бинарных и трехионных труднорастворимых электролитов? Для обоснования ответа рассмотрите в качестве примера  $\text{CuS}$  ( $\text{PP} = 6,3 \cdot 10^{-36}$ ) и  $\text{CaF}_2$  ( $\text{PP} = 4,0 \cdot 10^{-11}$ ).

### Вариант 4

1. Рассчитайте массу воды, в которой надо растворить 57,4г  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  для приготовления 8%-ного раствора сульфата цинка.

2. При какой температуре замерзает раствор, приготовленный растворением в 200мл воды сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  массой 20,52г.
3. В воде растворили нитрат калия и нитрат алюминия. Анализ показал, что концентрация ионов калия равна 1,2 моль/л, а ионов алюминия – 2,5 моль/л. Определите концентрацию нитрат-ионов.
4. Предположим, что рН раствора увеличивается на 3 единицы. Как при этом изменяется концентрация гидроксид-ионов? Напишите уравнение реакции нейтрализации гидроксида натрия уксусной кислотой в молекулярном и ионном виде. Рассчитайте константу равновесия.
5. Напишите по стадиям уравнения реакций гидролиза солей  $FeCl_3$  и  $CuSO_4$ . Сколько стадий гидролиза имеется у каждой соли? На основании чего можно утверждать, что последняя стадия реакции гидролиза этих солей не происходит? Рассчитайте константы гидролиза солей по первой стадии.
6. Произведение растворимости  $AgI$  составляет  $8,3 \cdot 10^{-17}$ . Вычислите растворимость иодида серебра в чистой воде (моль/л и г/л).
7. Плотность 20%-ного раствора азотной кислоты равна 1,05 г/мл. Вычислите: а) молярность раствора; б) моляльность раствора; в) мольные доли кислоты и воды.
8. Сформулируйте правило растворения осадков. Для этого используйте следующие данные: соли  $CaCO_3$  и  $CaC_2O_4$  имеют близкие значения  $PP$  ( $4,4 \cdot 10^{-9}$  и  $2,3 \cdot 10^{-9}$ ), однако, первая из них растворяется в уксусной кислоте, а вторая нет. Чем это можно объяснить? Будет ли растворяться оксалат кальция в соляной кислоте?

#### Вариант 5

1. После упаривания 5л 10%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,1 г/мл) масса раствора уменьшилась на 3кг. Рассчитайте массовую долю гидроксида калия (%) в растворе после упаривания.
2. При какой температуре должен кипеть раствор, содержащий растворенный неэлектролит количеством вещества 0,062 моль в воде, объемом 200мл?
3. Имеется раствор  $KAl(SO_4)_2$  с концентрацией соли 0,01 моль/л. Определите концентрацию сульфат-ионов в растворе.
4. При разбавлении раствора соляной кислоты рН увеличился на единицу. Во сколько раз был разбавлен раствор. Напишите уравнение реакции нейтрализации соляной кислоты гидроксидом магния с образованием основной соли в молекулярном и ионном виде и рассчитайте константу равновесия процесса нейтрализации.
5. Почему при нагревании раствора  $NaHCO_3$  среда из очень слабощелочной становится сильнощелочной? Рассчитайте константу гидролиза. Почему для

полоскания горла нельзя использовать раствор средней соли карбоната натрия? Дайте обоснованный ответ.

6. В 1л насыщенного при комнатной температуре раствора  $\text{AgIO}_3$  содержится 0,044г соли. Вычислите произведение растворимости  $\text{AgIO}_3$ .

7. Плотность 13%-ного раствора карбоната натрия равна 1,13 г/мл. Вычислите: а) молярность раствора; б) моляльность раствора; в) мольные доли компонентов раствора.

8. Будет ли образовываться осадок при сливании растворов  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  с концентрацией  $4,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л и  $\text{K}_2\text{SO}_4$  с концентрацией  $5,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л? Объем каждого из растворов 1л.

#### Вариант 6

1. Определите молярную концентрацию 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,22 г/мл).

2. В каком количестве воды следует растворить 23г глицерина  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ , чтобы получить раствор с температурой кипения  $100,104^\circ\text{C}$ ?

3. Имеется раствор нитрата железа (III). Концентрация нитрат-ионов в растворе равна 0,9 моль/л. Рассчитайте концентрацию соли в растворе.

4. Определите рН раствора  $\text{KOH}$  с концентрацией 0,01 моль/л. Напишите уравнение реакции нейтрализации щелочи раствором угольной кислоты до кислой соли в молекулярном и ионном виде и рассчитайте константу равновесия реакции нейтрализации.

5. Слили водные растворы хлорида алюминия и карбоната натрия. Составьте уравнение химической реакции и опишите внешние признаки. Как можно доказать природу вещества, образующегося в результате реакции?

6. В 6л насыщенного раствора  $\text{PbSO}_4$  содержится в виде ионов 0,186г свинца. Вычислите произведение растворимости  $\text{PbSO}_4$ .

7. Плотность 8%-ного раствора хлорида магния равна 1,06 г/мл. Вычислите: а) молярность раствора; б) моляльность раствора; в) мольные доли соли и воды.

8. Образуется ли осадок при сливании 10мл раствора  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  с концентрацией  $1 \cdot 10^{-5}$  моль/л и 40мл раствора  $\text{KI}$  с концентрацией  $2 \cdot 10^{-4}$  моль/л?  $\text{PP}(\text{PbI}_2) = 8,7 \cdot 10^{-9}$ .

#### Вариант 7

1. Плотность 26%-ного (по массе) раствора  $\text{KOH}$  равна 1,24 г/мл. Какое количество растворенного вещества (моль) находится в 5л раствора?

2. При растворении 5,0г вещества в 200г воды получается не проводящий тока раствор, кристаллизующийся при  $-1,45^{\circ}\text{C}$ . Определите молекулярную массу растворенного вещества.
3. В водном растворе хлорида железа (III) концентрация хлорид-ионов 0,003 моль/л. Определите концентрацию соли в растворе.
4. Определите концентрацию щелочи в растворе, если pH раствора равен 12. Составьте уравнение реакции нейтрализации щелочи раствором уксусной кислоты и рассчитайте константу равновесия.
5. Осадок какого соединения образуется при сливании водных растворов хлорида алюминия и сульфида натрия? Составьте уравнение реакции в молекулярном, полном и кратком виде. Почему в водном растворе не существует  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ?
6. Как связаны между собой произведение растворимости (ПР) и растворимость вещества (S) для бинарных и трехионных труднорастворимых электролитов? Для обоснования ответа рассмотрите в качестве примера  $\text{CuS}$  ( $\text{ПР}=6,3 \cdot 10^{-36}$ ) и  $\text{CaF}_2$  ( $\text{ПР}=4,0 \cdot 10^{-11}$ ).
7. Плотность 15%-ного раствора хлорида натрия равна 1,12 г/мл. Вычислите: а) молярность раствора; б) моляльность раствора; в) мольные доли хлорида натрия и воды.
8. Будет ли выпадать осадок сульфида меди (II) при смешивании 200мл раствора сульфата меди (II) с концентрацией 0,1 моль/л и 400мл раствора сульфида натрия с концентрацией  $1,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л.  $\text{ПР}(\text{CuS}) = 6,3 \cdot 10^{-36}$ .

#### Вариант 8

1. Определите молярность 36,2%-ного (по массе) раствора соляной кислоты, плотность которой 1,18 г/мл.
2. Вычислите температуру кипения раствора, содержащего 100г сахара  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  в 750г воды.
3. Имеется раствор нитрата железа (III). Концентрация нитрат-ионов в растворе равна 0,6 моль/л. Рассчитайте концентрацию соли в растворе.
4. При разбавлении раствора гидроксида натрия pH уменьшился на единицу. Во сколько раз был разбавлен раствор? Напишите уравнение реакции нейтрализации гидроксида натрия сероводородной кислотой в молекулярном и ионном виде с образованием кислой соли и рассчитайте константу равновесия.
5. Напишите уравнение гидролиза  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{CuCl}_2$  по стадиям. На основании чего можно утверждать, что последняя стадия гидролиза этих солей не проходит? Как можно подавить гидролиз этих солей в растворе? Какая соль в

большой степени подвергается гидролизу? Для обоснованного ответа рассчитайте константы равновесия по 1 стадии гидролиза.

6. Какова концентрация ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{F}^-$  в насыщенном растворе  $\text{CaF}_2$  при  $25^\circ\text{C}$ ;  $\text{PP} = 4,0 \cdot 10^{-11}$ .

7. Плотность 15%-ного раствора хлорида стронция равна 1,163 г/мл.

Вычислите: а) молярность раствора; б) моляльность раствора; в) мольные доли соли и воды.

8. Будет ли выпадать осадок сульфида цинка при смешивании 0,2л раствора сульфата цинка с концентрацией 0,02 моль/л и 0,6л раствора сульфида натрия с концентрацией 0,008 моль/л?  $\text{PP}(\text{ZnS}) = 1,1 \cdot 10^{-21}$ .

### Вариант 9

1. Сколько граммов вещества следует взять для приготовления 2л 0,6 моль/л раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

2. Сколько граммов  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  надо растворить в 100г воды, чтобы понизить температуру кристаллизации раствора на 1 градус?

3. В воде растворили сульфат и хлорид алюминия. Количественный анализ показал, что концентрация хлорид-ионов в растворе 1,5 моль/л, а сульфат-ионов 2,25 моль/л. Определите концентрацию алюминия.

4. Вычислите рН раствора соляной кислоты с концентрацией  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Какой индикатор можно использовать для определения среды раствора. Напишите уравнение реакции нейтрализации данной кислоты с гидроксидом калия и рассчитайте константу равновесия.

5. Осадок какого соединения образуется при сливании водных растворов хлорида алюминия и сульфида натрия? Составьте уравнение реакции в молекулярном, полном и кратком виде. Почему в водном растворе не существует  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ? Как доказать, какое вещество образуется в результате реакции? Напишите необходимые для ответа уравнения реакций.

6. Произведение растворимости фосфата кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 2,0 \cdot 10^{-29}$ . вычислите растворимость в воде  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в моль/л.

7. Плотность 18%-ного раствора хлорида магния равна 1,16 г/мл. Вычислите: а) молярность раствора; б) моляльность раствора; в) мольные доли компонентов раствора.

8. Будет ли выпадать осадок сульфида меди (II) при смешивании 400мл раствора сульфата меди (II) с концентрацией 0,1 моль/л и 600мл раствора сульфида натрия с концентрацией  $1,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л.  $\text{PP}(\text{CuS}) = 6,3 \cdot 10^{-36}$ .

## Вариант 10

1. Вычислить молярную концентрацию раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с массовой долей растворенного вещества 15% и плотностью 1,105 г/мл.
2. Раствор, содержащий 5,4г вещества-неэлектролита в 200г воды, кипит при  $100,078^\circ\text{C}$ . Вычислите молекулярную массу растворенного вещества.
3. Имеется раствор нитрата железа (III). Концентрация нитрат-ионов в растворе равна 1.2 моль/л. Рассчитайте концентрацию соли в растворе.
4. Степень диссоциации фтороводородной кислоты HF в растворе 0,1 моль/л равна 15%. Рассчитайте концентрацию ионов водорода в этом растворе. Напишите уравнение нейтрализации этой кислоты с гидроксидом натрия и рассчитайте константу равновесия.
5. Почему растворы фосфатов  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (одинаковой концентрации) имеют различные значения pH? Для обоснованного ответа напишите уравнения гидролиза и рассчитайте константы гидролиза. В растворе какой соли наибольшая концентрация гидроксид-ионов?
6. В каком из насыщенных растворов, ZnS или CdS, концентрация сульфид-ионов больше и во сколько раз?  $\text{PP}(\text{ZnS})=1,6 \cdot 10^{-24}$ ,  $\text{PP}(\text{CdS})=6,5 \cdot 10^{-28}$ .
7. Плотность 30%-ной хлороводородной кислоты равна 1,15 г/мл. Вычислите: а) молярность раствора; б) моляльность раствора; в) мольные доли кислоты и воды.
8. При какой концентрации фосфат-иона  $\text{PO}_4^{3-}$  начнется выпадение осадка  $\text{AlPO}_4$  из раствора хлорида алюминия с концентрацией 0,01 моль/л?  $\text{PP}(\text{AlPO}_4) = 5,75 \cdot 10^{-19}$ .

**Изучив предложенный материал, Вы в полной мере овладеете знаниями, необходимыми для оценки качественных и количественных характеристик различных процессов, протекающих в растворах, с которыми Вы ежедневно встречаетесь в быту и встретитесь на производстве.**

**Желаем успеха!**