

Многие исследователи констатируют, что естественно-научное образование в школе не соответствует жизненным потребностям, ориентировано на запоминание фактической информации и заучивание определенных приемов. Система обучения по-прежнему направлена на развитие памяти, а не мышления, хотя главное в естественно-научном образовании – не запоминание учебного материала, а его понимание. Учащиеся на уроках получают ответ на вопрос «что?», часто не знают ответ на вопрос «почему?», и почти никто не задается вопросом «зачем это нужно?». Излишняя фундаментальность химии, оторванность учебного материала от жизни, абстрактность вводимых понятий снижают интерес учащихся к познанию науки. В связи с этим необходимо построить курс химии так, чтобы он давал понятие об устройстве окружающего мира, о химии как науке, о том, чем заняты химики на производстве, какие бывают вещества, какими свойствами и почему они обладают. Следует усилить личностную и практическую ориентированность содержания и процесса образования, не отказываясь от лучших традиций нашей школы. Однако основная масса предлагаемых в школе задач – стандартные, а в жизни человек сталкивается с задачами нестандартными. В настоящее время одной из актуальных проблем является разработка химических задач, содержание и структура которых способствовали бы формированию у учащихся общеучебных умений, современных форм мышления. Предлагается система учебных практико-ориентированных задач по некоторым курсам химии.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основные понятия химии.

Задачи для самостоятельного решения.

2. Стехиометрические законы.

Задачи для самостоятельного решения.

3. Свойства растворов.

Задачи для самостоятельного решения.

4. Электролитическая диссоциация. Кислоты и основания в водном растворе. Гидролиз.

Задачи для самостоятельного решения.

1. Основные понятия химии

Атомно-молекулярное учение в химии. Атомы. Химические элементы. Молекулы. Абсолютные массы атомов и молекул. Атомная единица массы. Относительная атомная масса и относительная молекулярная масса. Количество вещества и единица его измерения моль. Число Авогадро. Молярная масса

Примеры решения типовых задач

Задача 1. В стратосфере на высоте 20-30 км находится слой озона O_3 , защищающий Землю от мощного ультрафиолетового излучения Солнца. Если бы не "озоновый экран" в атмосфере, то фотоны с большой энергией достигли бы поверхности Земли и уничтожили на ней все живое. Подсчитано, что в среднем на каждого жителя Москвы в воздушном пространстве над городом (вплоть до верхней границы стратосферы) приходится по 150 моль озона. Сколько молекул O_3 и какая масса озона приходится в среднем на одного москвича?

Решение. Запишем условие задачи в формульном виде:

$$n(\text{O}_3) = 150 \text{ моль}$$

$$M(\text{O}_3) = 48 \text{ г/моль}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$N(\text{O}_3) = ?$$

$$m(\text{O}_3) = ?$$

В решении задачи используется уравнение, связывающее между собой число частиц $N(\text{O}_3)$ в данной порции вещества $n(\text{O}_3)$ и число Авогадро N_A , а именно:

$$n(\text{O}_3) = N(\text{O}_3) / N_A;$$

отсюда:

$$N(\text{O}_3) = n(\text{O}_3) \cdot N_A = 150 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} [\text{моль} \cdot \text{моль}^{-1}] = 9,03 \cdot 10^{25} \\ m(\text{O}_3) = n(\text{O}_3) \cdot M(\text{O}_3) = 150 \cdot 48 [\text{моль} \cdot \text{г/моль}] = 7200 \text{ г} = 7,2 \text{ кг}$$

Ответ. В воздушном пространстве над городом на каждого москвича приходится 7,2 кг озона, или $9,03 \cdot 10^{25}$ молекул O_3 .

Задача 2. В школьном химическом кабинете пролили на пол немного соляной кислоты, и

к концу урока она полностью испарилась. Хотя хлороводород сильно токсичен и при вдыхании оказывает раздражающее действие, ученики не почувствовали никакого постороннего запаха. Много ли молекул HCl оказалось в воздухе, если масса хлороводорода, перешедшего в газообразное состояние, равна 1 г?

Решение. Запишем условие задачи в формульном виде:

$$m(\text{HCl}) = 1 \text{ г}$$

$$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \quad N(\text{HCl}) = ?$$

В решении этой задачи используется то же уравнение, что и в предыдущей, а именно:

$$n(\text{HCl}) = N(\text{HCl}) / N_A; \quad \text{отсюда: } N(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot N_A;$$

Чтобы найти количество хлороводорода $n(\text{HCl})$, необходимо воспользоваться соотношением: $n(\text{HCl}) = m(\text{HCl}) / M(\text{HCl})$

Итоговая расчетная формула для решения задачи такова:

$$N(\text{HCl}) = [N_A \cdot m(\text{HCl})] / M(\text{HCl}) = [6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1] / 36,5$$

$$[(\text{моль}^{-1} \cdot \text{г}) : (\text{г/моль})] = 1,65 \cdot 10^{22}$$

Ответ. В воздухе химического кабинета оказалось чрезвычайно много молекул HCl - $1,65 \cdot 10^{22}$

Задача 3. Круговорот азота в природе включает: а) "биологическую фиксацию" при помощи клубеньковых бактерий и б) процессы окисления при атмосферных электрических разрядах. Во время грозы в воздухе образуется некоторое количество оксида азота неизвестного состава. Установлено, что абсолютная масса одной молекулы этого оксида азота составляет $4,99 \cdot 10^{-23}$ г. Определите, какова формула этого вещества.

Решение. Чтобы установить формулу оксида азота $NxOy$, который получается во время грозы, достаточно узнать молярную массу этого соединения. Известные к настоящему времени оксиды азота состава N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 и N_2O_5 имеют молярные массы, равные соответственно 44, 30, 76, 46, 92 и 108 г/моль.

Запишем условие задачи в формульном виде:

$$m_{\text{мол}}(N_xO_y) = 4,99 \cdot 10^{-23} \text{ г}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$M(N_xO_y) = ?$$

Запишем уравнение, связывающее между собой молярную массу оксида азота $M(N_xO_y)$, абсолютную массу молекул этого оксида $m_{\text{мол}}(N_xO_y)$ и число Авогадро N_A :

$$M(N_xO_y) = m_{\text{мол}}(N_xO_y) \cdot N_A = 4,99 \cdot 10^{-23} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$$

$[г \cdot моль^{-1}] = 30 г/моль$

Молярная масса, равная 30 г/моль, отвечает монооксиду азота NO.

Ответ. Формула образовавшегося во время грозы оксида азота - NO.

Задачи для самостоятельного решения.

1.1. Хорошо известно, что легковой автомобиль загрязняет воздух вредными выбросами: на каждые 10 километров пути с его выхлопными газами в атмосферу попадает 7 моль монооксида углерода и 1 моль монооксида азота. Какая масса этих вредных веществ попадет в атмосферу при автомобильной поездке на дачу, которая расположена в 80 км от дома?

1.2. Считается, что вредные примеси в воздухе не оказывают вредного влияния, если их количество не превышает определенного предела. Так, допускается содержание в 1 м³ воздуха диоксида азота - 0,085 мг, монооксида углерода - 3,0 мг, диоксида серы - 0,05 мг, сероводорода 0,008 мг. Какое количество (моль) этих вредных примесей (по отдельности) можно вдохнуть за сутки, не подвергая свое здоровье опасности? Норма потребления воздуха для дыхания у взрослых мужчин - 10 м³ в сутки.

1.3. Определите, какое число молекул (формульных единиц) содержат порции веществ, часто применяемых в быту: 5 г пищевой соды (гидрокарбоната натрия) NaHCO₃, 0,01 моль иода I₂, 35 г поваренной соли (хлорида натрия) NaCl, 4 моль уксусной кислоты CH₃COOH.

1.4. Какова абсолютная масса одной молекулы аммиака NH₃, хлороводорода HCl, серной кислоты H₂SO₄, белого фосфора P₄? Все перечисленные вещества очень токсичны и при попадании с воздухом в дыхательные пути вызывают сильнейшие отравления. Сколько молекул будут находиться в 1 м³ воздуха при содержании этих веществ,

признанном неопасным, а именно: NH_3 - 0,2 мг; HCl - 0,05 мг; H_2SO_4 - 0,3 мг; P_4 - 0,1 мг.

1.5. Одинаковое ли (и какое именно) число молекул содержится в 1 г воды H_2O и в 1 г кислорода O_2 ? Какова экологическая роль этих веществ на Земле?

1.6. Вычислите и сравните между собой массы 0,3 моль монооксида азота NO и такого же количества диоксида азота NO_2 . Предельное безопасное содержание этих вредных газов в 1 м³ воздуха составляет 0,6 мг NO и 0,085 мг NO_2 . Каково безопасное количество (моль) этих газов в 1 м³ воздуха?

1.7. Такие виды рыб, как форель и хариус, очень чувствительны к чистоте воды. Если в 1 л природной воде содержится всего $3 \cdot 10^{-6}$ моль серной кислоты (которая может попадать в реки с промышленными стоками или за счет "кислотных дождей"), то мальки этих рыб погибают. Вычислите ту массу серной кислоты в 1 л воды, которая представляет собой смертельную дозу для мальков форели и хариуса.

1.8. В доме разбился медицинский термометр, а всю ртуть собрать не удалось. Между тем ртуть обладает высокой летучестью, а ее пары ядовиты. Вычислите массу и объем жидкой ртути, содержащие $2,5 \cdot 10^{19}$ атомов Hg. Плотность жидкой ртути составляет 13,59 г/см³.

1.9. Чтобы приготовить бордосскую смесь (препарат против фитофторы - грибкового заболевания огородных растений), используют медный купорос - пентагидрат сульфата меди(II). Рассчитайте число атомов кислорода и водорода, которые содержатся в 350 г кристаллогидрата состава $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

1.10. Взаимодействие озона, образующегося при грозе в горной местности, со льдом, приводит к выделению небольшого количества соединения водорода и кислорода. Какова формула этого соединения, если абсолютная масса его молекул равна $5,65 \cdot 10^{-23}$ г?

1.11. Человек начинает ощущать едкий запах диоксида серы, если в 1 м³ воздуха

содержится 3 мг этого вредного газа. При вдыхании воздуха с таким содержанием SO₂ в течение пяти минут у человека наступает ларингит - потеря голоса. Какое суммарное количество (моль) диоксида серы приводит к этому неприятному заболеванию? Примите объем легких человека равным 3,5 л, а периодичность дыхания - 4 с.

1.12. Растения суши и мирового океана ежегодно выделяют при фотосинтезе 320 млрд.т газообразного кислорода, с избытком восполняя расход этого газа в промышленности, энергетике и на транспорте. Сколько молекул O₂ ежегодно выделяет земная растительность?

1.13. Океан, как насос: в полярных широтах он поглощает своими холодными водами диоксид углерода, а в экваториальных и тропических зонах, где вода теплая, он отдает CO₂ в атмосферу. В этом обменном процессе между атмосферой и океаном участвуют ежегодно 100 млрд. т CO₂. Сколько молекул диоксида углерода вовлечено в этот процесс?

Ответы

1.1. 1568 г CO и 240 г NO

1.2. 1,84 · 10⁻⁵ моль NO₂; 1,07 · 10⁻³ моль CO; 7,81 · 10⁻⁶ моль SO₂ и 2,35 · 10⁻⁶ моль H₂S

1.3. 3,58 · 10²² (NaHCO₃); 6,02 · 10²¹ (I₂); 3,6 · 10²³ (NaCl); 2,41 · 10²⁴(CH₃COOH)

1.4. 2,82 · 10⁻²³ г и 7,08 · 10¹⁸ молекул (NH₃); 6,06 · 10⁻²³ г и 8,24 · 10¹⁷ молекул (HCl); 1,63 · 10⁻²² г и 1,84 · 10¹⁸ молекул (H₂SO₄); 2,06 · 10⁻²² г и 4,85 · 10¹⁷ молекул (P₄).

1.5. Разное: в 1 г H₂O содержится 3,34 · 10²² молекул, а в 1 г O₂ - 1,88 · 10²² молекул. Вода и кислород - вещества, необходимые для жизни

1.6. Масса 0,3 моль NO - 9 г, 0,3 моль NO₂ - 13,8 г. Безопасное содержание в 1 м³ - 2,00 · 10⁻⁵ моль NO и 1,85 · 10⁻⁶ моль NO₂

1.7. 0,294 мг

1.8. 8,3 мг и 4,5 · 10⁻⁴ см³ ртути

1.9. 8,43 · 10²⁴ атомов водорода и 7,58 · 10²⁴ атомов кислорода

1.10. H₂O₂ - пероксид водорода

1.11. 1,23 · 10⁻⁵ моль SO₂

1.12. 6,02 · 10³⁹ молекул O₂

1.13. 1,37 · 10³⁹ молекул CO₂

2. Стехиометрические законы химии

Закон сохранения массы веществ. Закон постоянства состава веществ. Закон Авогадро и следствия из него. Молярный объем газа. Относительная плотность газов и определение молярной массы веществ. Химические формулы сложных веществ. Количественный состав сложного вещества. Определение молекулярных и истинных формул веществ

Примеры решения типовых задач

Задача 1. Монооксид углерода ("угарный газ") - опасный загрязнитель атмосферы. Он снижает способность гемоглобина крови к переносу кислорода, вызывает болезни сердечно-сосудистой системы, снижает активность работы мозга. Из-за неполного сжигания природного топлива ежегодно на Земле образуется 500 млн. т CO. Определите, какой объем (при н.у.) займет угарный газ, образующийся на Земле по этой причине.

Решение. Запишем условие задачи в формульном виде:

$$m(\text{CO}) = 500 \text{ млн. т} = 5 \cdot 10^{14} \text{ г}$$

$$M(\text{CO}) = 28 \text{ г/моль}$$

$$V_M = 22,4 \text{ л/моль (н.у.)}$$

$$V(\text{CO}) = ? \text{ (н.у.)}$$

В решении задачи используются уравнения, связывающие между собой количество вещества, массу и молярную массу: $m(\text{CO}) / M(\text{CO}) = n(\text{CO})$,

а также количество газообразного вещества, его объем и молярный объем: $V(\text{CO}) / V_M = n(\text{CO})$

Следовательно: $m(\text{CO}) / M(\text{CO}) = V(\text{CO}) / V_M$, отсюда:

$$V(\text{CO}) = \{VM \cdot m(\text{CO})\} / M(\text{CO}) = \{22,4 \cdot 5 \cdot 10^{14}\} / 28$$

$$[\{\text{л/моль}\} \cdot \text{г} / \{\text{г/моль}\}] = 4 \cdot 10^{14} \text{ л} = 4 \cdot 10^{11} \text{ м}^3 = 400 \text{ км}^3$$

Ответ. $4 \cdot 10^{14}$ л, или $4 \cdot 10^{11}$ м³, или 400 км³.

Задача 2. Рассчитайте объем, который занимает (при н.у.) порция газа, необходимого для дыхания, если в этой порции содержится $2,69 \cdot 10^{22}$ молекул этого газа. Какой это газ?

Решение. Газ, необходимый для дыхания - это, конечно, кислород. Чтобы решить задачу, сначала запишем ее условие в формульном виде:

$$N(\text{O}_2) = 2,69 \cdot 10^{22} \text{ (молекул)}$$

$$VM = 22,4 \text{ л/моль (н.у.)}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$V(\text{O}_2) = ? \text{ (н.у.)}$$

В решении задачи используются уравнения, связывающие между собой число частиц $N(\text{O}_2)$ в данной порции вещества $n(\text{O}_2)$ и число Авогадро N_A : $n(\text{O}_2) = N(\text{O}_2) / N_A$,

а также количество, объем и молярный объем газообразного вещества (н.у.):

$$n(\text{O}_2) = V(\text{O}_2) / V_M$$

$$\text{Отсюда: } V(\text{O}_2) = V_M \cdot n(\text{O}_2) = \{V_M \cdot N(\text{O}_2)\} / N_A = \{22,4 \cdot 2,69 \cdot 10^{22}\} : \{6,02 \cdot 10^{23}\} [\{\text{л/моль}\} : \text{моль}^{-1}] = 1,0 \text{ л}$$

Ответ. Порция кислорода, в которой содержится указанное в условии число молекул, занимает при н.у. объем 1 л.

Задача 3. В процессах фотосинтеза зеленые растения усваивают из воздуха газообразный оксид углерода, относительная плотность которого по водороду составляет 22. Какова формула этого оксида углерода?

Решение. Чтобы установить формулу оксида углерода $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$, который усваивается растениями при фотосинтезе, надо знать молярную массу этого соединения. Известные нам оксиды углерода состава CO и CO_2 имеют молярные массы, равные соответственно 28 и 44 г/моль.

Запишем условие задачи в формульном виде:

$$D(\text{H}_2) = 22$$

$$M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = ?$$

Запишем уравнение, связывающее между собой молярную массу газа $M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z)$,

относительную плотность его по водороду $D(H_2)$ и молярную массу водорода $M(H_2)$:

$$M(CXOY) = M(H_2) \cdot D(H_2) = 2 \cdot 22 \text{ [г/моль]} = 44 \text{ г/моль}$$

Молярная масса, равная 44 г/моль, отвечает диоксиду углерода CO_2 .

Ответ. Формула оксида углерода -- CO_2 .

Задача 4. Первая стадия получения серной кислоты в промышленности, дающая наибольшее количество вредных выбросов в атмосферу - обжиг пирита, минерала, отвечающего формуле FeS_2 . Определите массовые доли (в процентах) железа и серы в пирите. Рассчитайте массу серы, которая содержится в 1 т пирита.

Решение. Запишем условие задачи в формульном виде:

$$m(FeS_2) = 1 \text{ т}$$

$$M(Fe) = 56 \text{ г/моль}$$

$$M(S) = 32 \text{ г/моль}$$

$$M(FeS_2) = 120 \text{ г/моль}$$

$$w(Fe) = ? \quad w(S) = ? \quad m(S) = ?$$

В решении задачи используются уравнения, связывающие между собой массовую долю и молярную массу каждого из элементов, входящих в состав соединения, и молярную массу соединения в целом, а именно:

$$w(\text{Fe}) = \{M(\text{Fe}) / M(\text{FeS}_2)\} = (56 : 120) = 0,467 = 46,7 \%,$$

$$w(\text{S}) = 2M(\text{S}) / M(\text{FeS}_2) = (2 \cdot 32) : 120 = 0,533 = 53,3\%, \text{ или иначе:}$$

$$w(\text{S}) = 100 - w(\text{Fe}) = 100 - 46,7 = 53,3\%$$

Для расчета массы серы в 1 т пирита тоже можно использовать два пути:

$$m(\text{S}) = w(\text{S}) \cdot m(\text{FeS}_2) = 0,533 \cdot 1 \text{ т} = 0,533 \text{ т} = 533 \text{ кг}$$

$$m(\text{S}) = \{2M(\text{S}) / M(\text{FeS}_2)\} \cdot m(\text{FeS}_2) = \{(2 \cdot 32) : 120\} \cdot 1 \text{ [(г/моль : г/моль) \cdot т]} = 0,533 \text{ т} = 533 \text{ кг}$$

Ответ. $w(\text{Fe}) = 46,7\%$; $w(\text{S}) = 53,3\%$. Масса серы в 1 т пирита -- 533 кг.

Задачи для самостоятельного решения

2.1. При производстве серы автоклавным методом неизбежно выделяется около 3 кг сероводорода на каждую тонну получаемой серы. Сероводород - чрезвычайно ядовитый газ, вызывающий головокружение, тошноту и рвоту, а при вдыхании в большом количестве - поражение мышцы сердца и судороги, вплоть до смертельного исхода. Какой объем сероводорода (при н.у.) выделится при получении 125 т серы на химзаводе?

2.2. Грузовой автомобиль загрязняет воздух вредными выбросами: на каждые 10 км пути с его выхлопными газами в атмосферу попадает 700 г монооксида углерода и 70 г монооксида азота. Каким будет объем (при н.у.) этих вредных веществ при перевозке груза на расстояние 250 км четырьмя автомобилями?

2.3. Природный газ (метан CH_4) не имеет никакого запаха. Чтобы легче обнаруживать его утечку из бытовых нагревательных приборов и газопроводов, к нему добавляют немного фосфина PH_3 , запах которого ("запах газа") ощущается, если в 10 м³ природного газа находится всего 0,01 мл фосфина. Рассчитайте число молекул фосфина в 0,01 мл (н.у.) этого газа.

2.4. Хлор - весьма ядовитый газ. Достаточно сказать, что это был первый газ, примененный как боевое отравляющее средство во время первой мировой войны. В каком объеме газообразного хлора Cl_2 (при н.у.) число молекул равно $1 \cdot 10^{25}$? Какова масса этого количества хлора?

2.5. Если считать, что атмосферный воздух содержит только два газа - азот и кислород, то масса 100 л воздуха (при н.у.) окажется равной 129,5 г. Определите количество вещества и массу кислорода и азота в 100 л воздуха.

2.6. При сжигании дров в топке с неисправной вытяжной трубой образуется смесь очень ядовитого монооксида углерода и менее вредного диоксида углерода. Известно, что масса 100 л (при н.у.) этой газовой смеси равна 181,2 г. Определите объем каждого газа в смеси.

2.7. Газовые выбросы животноводческих ферм содержат соединение азота, относительная плотность которого по водороду равна 8,5. Определите его формулу.

2.8. Все соли кадмия сильно токсичны. Вычислите и сравните между собой массовые доли этого элемента в следующих солях: нитрате кадмия $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, сульфате кадмия CdSO_4 , хлориде кадмия CdCl_2 и бромиде кадмия CdBr_2 . Какая соль кадмия самая ядовитая?

2.9. Самый главный металл нашей цивилизации - железо. Однако человечество терпит огромные потери из-за того, что железо подвергается коррозии - разрушается под действием кислорода и атмосферных осадков. Определите формулу кислородного соединения железа, которое образуется при коррозии, если оно содержит 72,4% железа и 27,6% кислорода.

2.10. Для очистки питьевой воды от взвешенных частиц в резервуар добавляют соли алюминия. В зависимости от условий в итоге образуются гидроксид алюминия состава $Al(OH)_3$ или метагидроксид алюминия $AlO(OH)$ (при нагревании воды). В результате прокаливании осадка гидроксидов алюминия получается оксид алюминия Al_2O_3 . Рассчитайте массовые доли (в процентах) Al_2O_3 и воды в каждом из указанных выше алюминийсодержащих продуктов.

2.11. Восстановление плодородия истощенной почвы требует введения фосфорсодержащих удобрений. Определите молекулярные формулы трех таких удобрений - соединений типа $(CaO)_X(P_2O_5)_Y(H_2O)_Z$, если в них содержится: а) $w(CaO) = 54,2\%$ и $w(P_2O_5) = 45,8\%$; б) $w(CaO) = 32,5\%$ и $w(P_2O_5) = 41,3\%$; в) $w(CaO) = 23,9\%$ и $w(P_2O_5) = 60,7\%$. Как называются эти удобрения?

2.12. Белый фосфор - желтоватое воскообразное вещество, он светится в темноте и очень ядовит. Поэтому применение фосфора как светящегося состава, упомянутое в рассказе "Собака Баскервилей", - это, скорее всего, вымысел Артура Конан-Дойля, автора рассказов о приключениях знаменитого сыщика Шерлока Холмса. Определите состав молекулы белого фосфора, если плотность его пара по воздуху равна 4,28.

2.13. В 1 м³ атмосферного воздуха, помимо азота и кислорода, находится 2 л (при н.у.) диоксида углерода. Определите количество и массу CO_2 во всем объеме классной комнаты, имеющей размеры 8 м x 15 м x 4 м.

2.14. Электролитическое получение алюминия относится к числу весьма опасных в экологическом отношении, поскольку при электролизе выделяется чрезвычайно вредный газ фтор (на 1 т алюминия - 40 кг F_2). Только 35% выделяющегося фтора удается улавливать в воздухоочистных установках, а остальное его количество рассеивается в окружающей среде. Рассчитайте минимальную площадь лесонасаждений вокруг цеха с

производительностью 100 т алюминия в год с учетом того, что растительностью, расположенной на 1 гектаре лесопарка, поглощается в год 40 кг фтора.

2.15. Дефолиантами называются вещества, вызывающие искусственный листопад. Их применение облегчает машинную уборку урожая. В составе одного из дефолиантов обнаружено 21,6% натрия, 33,3% хлора и 45,1% кислорода. Определите химическую формулу этого вещества.

2.16. Растения суши и мирового океана ежегодно выделяют при фотосинтезе 320 млрд. т газообразного кислорода, с избытком восполняя расход этого газа в промышленности, энергетике и на транспорте. Какой объем кислорода (при н.у.) ежегодно выделяет земная растительность?

2.17. Океан, как насос, поглощает своими холодными водами диоксид углерода в полярных широтах и отдает CO_2 в атмосферу в экваториальных и тропических зонах, где вода теплая. В этом обменном процессе между атмосферой и океаном участвуют ежегодно 100 млрд. т углекислого газа. Какой объем диоксида углерода (при н.у.) вовлечен в этот процесс?

Ответы

2.1. 247 м³ H₂S

2.2. 56 м³ CO и 5,2 м³ NO

2.3. 2,69 · 10¹⁷ молекул PH₃

2.4. 370 л хлора

2.5. 1,12 моль (35,84 г) кислорода и 3,34 моль (93,52 г) азота

2.6. 21 л CO, 79 л CO₂

2.7. NH₃ (аммиак)

2.8. В составе Cd(NO₃)₂ 47,5% Cd, в составе CdSO₄ - 53,9%, в составе CdCl₂ - 61,3%, в CdBr₂ - 41,2%. Самая ядовитая соль - хлорид кадмия, в которой содержание кадмия наибольшее.

2.9. Fe₃O₄

2.10. В составе Al(OH)₃ - 65,4% Al₂O₃, в составе AlO(OH) - 85,0% Al₂O₃

2.11. Ca₃(PO₄)₂ -- фосфоритная мука, CaHPO₄ -- преципитат и Ca(H₂PO₄)₂ -- двойной суперфосфат

2.12. P₄

2.13. 42,9 моль (1,89 г) CO₂

2.14. 64 гектара лесонасаждений

2.15. NaClO₃ - хлорат натрия

2.16. 2,24 · 10¹⁴ мЗ

2.17. 5,09 · 10¹³ мЗ

3. Приготовление и свойства растворов

Качественный и количественный состав растворов.

Массовая доля и молярная концентрация растворенного вещества.

Приготовление растворов заданного состава. Растворимость веществ.

Разбавленные и концентрированные растворы. Кристаллогидраты. Газовые растворы.

Состав твердых смесей.

Примеры решения типовых задач

Задача 1. В 1630 году немецкий химик Иоганн-Рудольф Глаубер, изучая состав воды минерального источника вблизи Нойштадта, открыл лечебные свойства мирабилита - кристаллогидрата сульфата натрия состава $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Это вещество, получившее название "глауберова соль", врачи-практики успешно применяли более 300 лет как дешевое и безвредное слабительное средство. Кроме того, мирабилит в большом количестве применяется в стекловарении и других областях промышленности. Рассчитайте массу воды и безводного сульфата натрия, содержащихся в 322 кг $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (кр).

Решение. Запишем условие задачи в формульном виде:

$$m(\text{кр}) = 322 \text{ кг}; M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}; n(\text{кр. H}_2\text{O}) = 10;$$

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}; M(\text{кр}) = 322 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{кр. H}_2\text{O}) = ? \quad m(\text{кр. Na}_2\text{SO}_4) = ?$$

В решении задачи используется соотношение:

$$m(\text{кр. H}_2\text{O}) = m(\text{кр}) \cdot n(\text{кр. H}_2\text{O}) \cdot (M(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{кр})) = 322 \cdot 10 \cdot 18 / 322 [\text{кг}] = 180 \text{ кг}$$

$$m(\text{кр. Na}_2\text{SO}_4) = m(\text{кр}) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_4) / M(\text{кр}) = 322 \cdot 142 / 322 [\text{кг}] = 142 \text{ кг}$$

Ответ. 180 кг H₂O и 142 кг Na₂SO₄

Задача 2. Если растения (например, помидоры) в теплице были поражены фитофторозом, то рекомендуется после сбора урожая и удаления ботвы с грядок обработать землю 1,5%-ным (в расчете на безводную соль) раствором сульфата меди. Какая масса кристаллогидрата состава CuSO₄ · 5H₂O (кр) требуется для приготовления 100 л такого раствора? Плотность 1,5%-ного раствора CuSO₄ равна 1014 г/л

Решение. Запишем условие задачи в формульном виде:

$$V_1 = 100 \text{ л}; d_1 = 1014 \text{ г/л}; M(\text{кр}) = 250 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}; w(\text{CuSO}_4) = 1,5\% = 0,015$$

$$m(\text{кр}) = ?$$

В решении задачи используется соотношение:

$$m(\text{кр}) = m(\text{CuSO}_4) \cdot M(\text{кр}) / M(\text{CuSO}_4) = w(\text{CuSO}_4) \cdot d_1 \cdot V_1 \cdot M(\text{кр}) / M(\text{CuSO}_4) =$$

$$= 0,015 \cdot 1014 \cdot 100 \cdot 250 / 160 [\text{г/л} \cdot \text{л}] = 2376 \text{ г} = 2,376 \text{ кг}$$

Ответ. 2,376 кг $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Задача 3. Для засола огурцов используют 7%-ный водный раствор поваренной соли (хлорида натрия). Именно такой раствор в достаточной мере подавляет жизнедеятельность болезнетворных микробов и плесневого грибка и в то же время не препятствует процессам молочнокислого брожения. Рассчитайте массу соли и объем воды для приготовления 5 л 7%-ного раствора хлорида натрия, если его плотность равна 1048 г/л. Вычислите молярную концентрацию NaCl в этом растворе.

Решение. Запишем условие задачи в формульном виде:

$$V_1 = 5 \text{ л}; d_1 = 1048 \text{ г/л}; w(\text{NaCl}) = 7\% = 0,07;$$

$$M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ г/моль}; d(\text{воды}) = 1000 \text{ г/л}$$

$$m(\text{NaCl}) = ? \quad V(\text{воды}) = ? \quad c(\text{NaCl}) = ?$$

В решении задачи используется уравнение, связывающее между собой массу растворенного вещества, его массовую долю в растворе, а также плотность и объем раствора:

$$m(\text{NaCl}) = w(\text{NaCl}) \cdot d_1 \cdot V_1 = 0,07 \cdot 1048 \cdot 5 \text{ [г/л] \cdot л} = 366,8 \text{ г,}$$

$$V(\text{воды}) = m(\text{воды}) / d(\text{воды}) = \{m_1 - m(\text{NaCl})\} / d(\text{воды}) =$$

$$= (d_1 \cdot V_1) \cdot (1 - w(\text{NaCl})) / d_1 = (d_1 \cdot V_1) \cdot (1 - w(\text{NaCl})) / d_1 =$$

$$= (1048 \cdot 5) \cdot (1 - 0,07) \text{ [г/л] \cdot л} = 4,873 \text{ л} = 4873 \text{ мл}$$

Для вычисления молярной концентрации хлорида натрия используется соотношение:

$$c(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) / V_1 = m(\text{NaCl}) / \{M(\text{NaCl}) \cdot V_1\}$$

Учитывая, что $w(\text{NaCl}) = m(\text{NaCl}) / m_1$,

сделаем вывод, что $c(\text{NaCl}) = w(\text{NaCl}) \cdot d_1 / M(\text{NaCl}) = 0,07 \cdot 1048 : 58,5 \text{ [г/л]:[г/моль]} = 1,25 \text{ моль/л}$

Ответ. 366,8 г NaCl и 4873 мл воды; 1,25 моль/л.

Общие свойства растворов. Приготовление растворов. Задачи для самостоятельного решения

3.1. Сточные воды химического комбината вполне отвечают санитарным нормам по содержанию азотной кислоты (30 мг/л). Рассчитайте массовую долю и молярную концентрацию HNO_3 в этих сточных водах (при плотности, примерно равной 1 г/мл). Сколько азотной кислоты уходит в канализацию с комбината, если объем промышленных стоков составляет ежедневно 75 м³.

3.2. Хранение ценного удобрения - нитрата аммония на открытой площадке, а не на складе под крышей, привело к аварии. Во время ливня 15 т NH_4NO_3 растворилось в дождевой воде и было смыто в близлежащий водоем. Выживет ли рыба в этом водоеме емкостью 7000 м³, если токсическая массовая доля нитрата аммония в воде равна 0,08%?

3.3. Диоксид серы образуется в основном при сжигании твердого топлива на тепловых электростанциях. Это бесцветный газ с резким запахом, он сильно раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Наличие диоксида серы в атмосфере - причина "кислотных дождей", поскольку под действием воды и кислорода воздуха диоксид серы дает серную кислоту. Однако далеко не все производства имеют современные сооружения для газоочистки. Чаще применяется разбавление выбросов чистым воздухом либо рассеивание их в воздушной среде путем устройства дымовых труб большой высоты. Установлено, что при высоте трубы 100 м на расстоянии 2 км от предприятия содержание SO_2 в воздухе равно 2,75 мг/м³. Во сколько раз этот показатель превышает значение предельно допустимой санитарной нормы, равное 7,8 · 10⁻⁶ моль/м³?

3.4. Если двигатель легкового автомобиля работает на холостом ходу, то ежеминутно в воздух выбрасывается 0,08 л (при н.у.) монооксида углерода - "угарного газа", который вызывает сильные отравления. Особенно опасно длительное выделение CO в закрытых помещениях, например, в гаражах или боксах для ремонта машин. Рассчитайте молярную концентрацию, массовую долю и объемную долю монооксида углерода в воздухе гаража площадью 10 м² и высотой 2,5 м через 10 мин после начала работы двигателя на холостом ходу. Сравните полученные результаты с санитарной нормой - предельно допустимой концентрацией CO в производственных помещениях (5 мг/м³) и содержанием CO в табачном дыме (5 · 10⁻⁵% по объему).

3.5. Санитарные нормы содержания в воздухе населенных мест для вредных и опасных примесей - это предельно допустимые среднесуточные концентрации (ПДКСС). Их значения составляют: 0,085 мг/м³ для диоксида азота, 0,05 мг/м³ для диоксида серы, 0,008 мг/м³ для сероводорода, 0,03 мг/м³ для хлора. Рассчитайте массовые и объемные доли каждой вредной примеси и их молярные концентрации в воздухе.

3.6. Формальдегид HCHO применяется при изготовлении древесно-стружечных плит, красок, искусственного волокна, лекарственных средств, оргстекла и т.п. Он обладает сильным и резким запахом и угнетающе действует на сердечно-сосудистую и нервную систему. Особенно вредно присутствие формальдегида в воздухе детям и людям с хроническими заболеваниями дыхательных путей. Запах формальдегида чувствуется при его содержании в воздухе, равном 0,2 мг/м³, а санитарные нормы требуют, чтобы примесь формальдегида в воздухе не превышала 0,003 мг/м³. Рассчитайте массовую долю и молярную концентрацию формальдегида: а) при полном соответствии воздуха санитарным нормам; б) при появлении запаха формальдегида.

3.7. Будет ли вредна для человека питьевая вода с содержанием пестицидов (ядохимикатов, защищающих растения от вредителей и болезней), достигающим 1 мг/м³, если санитарная норма по пестицидам в воде равна $5 \cdot 10^{-4}\%$ по массе?

3.8. Можно ли без вреда для здоровья пить молоко, в котором содержится: а) 0,04 мг катионов свинца(II); б) 0,6 мг катионов меди(II); в) 4,5 мг катионов цинка(II)? Для молока санитарные нормы содержания этих ионов равны $2,4 \cdot 10^{-7}$ моль/л Pb²⁺; $1,6 \cdot 10^{-5}$ моль/л Cu²⁺; $7,7 \cdot 10^{-5}$ моль/л Zn²⁺.

3.9. При недостатке азота в почве листва яблонь бледно-зеленая, рано желтеет и опадает, рост веток слабый. Какой объем 2%-ного раствора нитрата аммония (плотность раствора 1006 г/л) следует использовать для подкормки яблоневого сада площадью 150 м² при норме внесения этого удобрения на суглинистых почвах, равной 45-55 г/м²?

3.10. Если в почве не хватает фосфора, то листья яблони мелкие, темно-зеленые с голубым, а иногда с бронзовым или пурпурным оттенком. Засыхающие листья становятся очень темными, часто даже черного цвета. При остром недостатке фосфора начинается преждевременный листопад с нижней части побегов. Цветение яблонь, голодающих без фосфора, задерживается, а плоды получаются кислыми. Норма внесения в почву

двойного суперфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 30 г/м², а площадь сада 800 м². Какой объем воды потребуется для приготовления 5%-ного раствора всего $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, вносимого в почву по этой норме.

3.11. При недостатке магния в листьях растений плохо образуется хлорофилл, поэтому они приобретают светло-зеленую окраску с красным и фиолетовым оттенком по краям и вдоль жилок; в течение лета они постепенно желтеют, а потом опадают. На старых листьях между жилками появляются светло-зеленые пятна. Какая масса кристаллогидрата сульфата магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ пойдет на приготовление 200 л 3%-ного (в расчете на безводную соль) раствора сульфата магния? Плотность 3%-ного раствора MgSO_4 равна 1,03 г/мл. Какая площадь сада может быть обработана полученным раствором, если норма внесения сульфата магния составляет 25 г/м²?

3.12. Помимо основных элементов питания, таких как азот, фосфор, калий, растения нуждаются и в микроэлементах, без которых они не могут нормально развиваться. Например, при полном отсутствии в почве соединений меди плодовое дерево становится больше похоже на куст. Картофель и помидоры при нехватке меди заболевают фитофторой. Обычно в почве бывает достаточно меди, особенно в тех местах, где применялись в качестве ядохимикатов бордосская смесь. Однако на осушенных болотах и торфяниках этого микроэлемента может оказаться слишком мало; его недостаток восполняют, опрыскивая растения раствором медного купороса - кристаллогидрата сульфата меди(II) состава $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (4 г на 10 л воды). Рассчитайте молярную концентрацию и массовую долю (в процентах) CuSO_4 в этом растворе. Плотность раствора 1,03 г/мл.

3.13. Будет ли вредна для здоровья питьевая вода, если в ней содержится: а) $3,6 \cdot 10^{-6}$ моль/л Fe^{2+} ; б) $1,7 \cdot 10^{-7}$ моль/л Ni^{2+} ; в) $1,9 \cdot 10^{-7}$ моль/л Cr^{3+} ? Для питьевой воды санитарными нормами допускается содержание железа(II), равное 0,2 г/м³; никеля(II) - 0,1 г/м³; хрома(III) - 0,05 г/м³?

3.14. Можно ли будет употреблять в пищу хлеб, при выпечке которого использовали тесто, замешенное на воде, в которой содержалось $6,2 \cdot 10^{-5}$ моль/л Cu^{2+} ? Считается, что на каждый килограмм хлеба при замесе теста расходуется 1 л воды, а примеси солей тяжелых металлов (в том числе меди) полностью переходят в продукт. Санитарные нормы допускают содержание меди(II) в хлебе не более 5 мг/кг.

3.15. Старинный рецепт приготовления "почтового" декстринового клея, совершенно безвредного для здоровья, предусматривает смешивание 400 г декстрина (продукта переработки крахмала), с 600 мл воды, 20 г глюкозы и 5 г безводного сульфата алюминия. Как изменится рекомендуемый объем воды и масса соли алюминия, если вместо безводного $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ используется кристаллогидрат сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$?

3.16. Один из старинных рецептов приготовления универсального клея "синдетикон", пригодного для склеивания предметов домашнего обихода и детских игрушек, предусматривает смешивание 40 мл воды с 50 г столярного клея и 10 г дигидрата хлорида кальция состава $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Какой объем воды и какую массу соли кальция надо будет взять, если вместо шестиводного кристаллогидрата $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ придется использовать а) двухводный кристаллогидрат $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; б) безводный хлорид кальция CaCl_2 ?

3.17. В 1779 году немецкий химик Иоганн-Христиан Виглеб, обрабатывая соляной кислотой оксалат калия, выделенный из сока щавеля и кислицы, открыл щавелевую кислоту. Кристаллы щавелевой кислоты выделяются при выпаривании водного раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в виде кристаллогидрата состава $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Определите массу воды, содержащуюся в 150 г этого кристаллогидрата.

3.18. Лимонная кислота содержится не только в лимонах, но также в незрелых яблоках, вишнях, ягодах смородины и т.п. Это органическое соединение выделяется при выпаривании водных растворов в виде кристаллогидрата с формулой $(\text{HOOCCH}_2)_3\text{C}(\text{OH})\text{COOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$. Лимонная кислота часто используется в кулинарии и в домашнем хозяйстве (например, для выведения ржавых пятен с ткани). Какая масса кристаллогидрата лимонной кислоты и какой объем воды требуются для приготовления 100 г 5%-ного раствора (в расчете на безводное вещество)?

3.19. Крупнейший французский химик Антуан-Лоран Лавуазье (1743-1794) посвятил свою дипломную работу исследованию состава гипса и алебаstra, которые до сих пор широко используются в строительстве, изготовлении копий скульптур, а также для фиксирующих повязок при переломах. В частности, Лавуазье определял содержание кристаллизационной воды в этих солях. Рассчитайте массу воды, содержащуюся в 100 г кристаллогидрата сульфата кальция состава: а) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гипс); б) $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (алебастр).

3.20. Если в почве имеется избыток азотных удобрений, то в плодах, ягодах, корнеплодах могут накопиться вредные для здоровья соли - нитраты. Попадая в пищеварительную систему человека, они восстанавливаются до нитритов, а это грозит отравлением: нитриты окисляют гемоглобин крови, лишая его способности к переносу кислорода. Среди овощей больше всего способны накапливать нитраты укроп, салат и петрушка, в меньшей степени свекла, капуста и морковь. Картофель, помидоры, яблоки почти не накапливают нитратов: их содержание в этих продуктах редко превышает 100 мг/кг (в расчете на KNO_3) при допустимой норме 200 мг/кг. Можно ли употреблять в пищу капусту, содержащую в 1 кг $2,4 \cdot 10^{-3}$ моль KNO_3 ?

3.21. Во сколько раз надо разбавить водой промышленные сточные воды, содержащие а) 42 г/м³ сульфата магния; б) 6 г/м³ фосфата натрия; в) 12 г/м³ хлорида марганца(II); г) 16 г/м³ хлорида цинка, чтобы были соблюдены санитарные нормы по этим вредным отходам? Предельно допустимые концентрации в воде равны: $1,7 \cdot 10^{-4}$ моль/л (MgSO_4); $3,0 \cdot 10^{-6}$ моль/л (Na_3PO_4); $1,6 \cdot 10^{-6}$ моль/л (MnCl_2); $7,3 \cdot 10^{-7}$ моль/л (ZnCl_2).

3.22. Высокая минерализация воды неблагоприятна для растительного и животного мира водоемов, снижает способность воды к "самоочищению" под действием биологических факторов и вдобавок резко ухудшает вкусовые свойства воды. При содержании сульфатов 500 мг/л, а хлоридов 350 мг/л вода приобретает горько-соленый вкус. Рассчитайте молярную концентрацию а) сульфат-иона и б) хлорид-иона в такой "засоленной" воде.

3.23. Кислые шахтные воды часто загрязнены примесью соединений железа(II), которые уже при содержании 0,5 мг/л придают воде своеобразный "металлический" вкус. Рассчитайте а) молярность и б) массовую долю катионов Fe^{2+} в такой загрязненной воде. Плотность воды считайте равной 1 г/мл.

3.24. Жесткость воды обусловлена присутствием в ней катионов кальция или магния. Содержание этих ионов, равное $(4 - 8) \cdot 10^{-3}$ моль/л, отвечает воде средней жесткости, а свыше $1,2 \cdot 10^2$ моль/л - очень жесткой. Выразите концентрацию катионов а) кальция, б) магния в массовых долях для воды средней жесткости и для очень жесткой воды. Плотность воды примите равной 1 г/мл.

3.25. Для нормального роста и развития растениям требуются не только основные элементы питания, но и микроэлементы, в частности, бор. Подкормку растений этим

микроэлементом ведут, поливая почву 3%-ным раствором тетрабората натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Сколько кристаллической буры - кристаллогидрата тетрабората натрия состава $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ требуется для приготовления 150 л 3%-ного раствора тетрабората натрия (плотность этого раствора равна 1000 г/л)?

Ответы

3.1. $3,0 \cdot 10^{-3}\%$ ($4,8 \cdot 10^{-4}$ моль/л) HNO_3 ; 2,25 кг HNO_3

3.2. Рыба не выживет, поскольку содержание NH_4NO_3 в воде составит 0,21% (выше токсической нормы)

3.3. В 5,5 раз

3.4. $1,4 \cdot 10^{-3}$ моль/м³, что в 8 раз превышает санитарную норму для производственных помещений и больше, чем в табачном дыме

3.5. $1,8 \cdot 10^{-6}$ моль/м³ диоксида азота; $7,8 \cdot 10^{-7}$ моль/м³ диоксида серы; $2,3 \cdot 10^{-7}$ моль/м³ сероводорода; $4,2 \cdot 10^{-7}$ моль/м³ хлора

3.6. $1,0 \cdot 10^{-7}$ моль/м³ и $1,7 \cdot 10^{-6}$ моль/м³ формальдегида

3.7. Вода не будет вредна, поскольку содержание пестицидов меньше предельно допустимого по санитарным нормам

3.8. Можно, поскольку содержание Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} ниже предельно допустимого по санитарным нормам

3.9. 335-410 л

3.10. 456 л воды

3.11. 12,3 кг $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

3.12. $1,6 \cdot 10^{-3}$ моль/л (0,025%) CuSO_4

3.13. Не будет, поскольку содержание Fe^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} ниже предельно допустимого по санитарным нормам

3.14. Можно, поскольку содержание Cu^{2+} равно 4,0 мг/кг (ниже предельно допустимого по санитарным нормам)

3.15. 9,74 г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

3.16. а) 6,7 г $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ б) 5,1 г CaCl_2

3.17. 42,9 г H_2O в 150 г кристаллогидрата щавелевой кислоты

3.18. 5,4 г кристаллогидрата лимонной кислоты и 94,6 мл воды

3.19. В 100 г гипса 20,9 г кристаллизационной воды, а в 10 г алебаstra - 6,2 г

3.20. Нельзя, поскольку содержание KNO_3 равно 242 г/кг (выше допустимого по санитарным нормам)

3.21. В 2 раза (MgSO_4), в 12 раз (Na_3PO_4), в 60 раз (MnCl_2), в 160 раз (ZnCl_2)

3.22. 0,0099 моль/л SO_4^{2-} ; 0,0052 моль/л Cl^-

3.23. $0,89 \cdot 10^{-5}$ моль/л Fe^{2+} ; $5 \cdot 10^{-5}\%$ Fe^{2+}

3.24. Вода средней жесткости: 0,016 -- 0,032% Ca^{2+} или 0,096 -- 0,019% Mg^{2+} ; очень жесткая вода: 0,048% Ca^{2+} или 0,029% Mg^{2+}

3.25. 8,53 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

4. Электролитическая диссоциация. Кислоты и основания в водном растворе. Гидролиз.

Электролиты и неэлектролиты. Гидратация ионов. Сильные и слабые электролиты.

Электролитическая диссоциация кислот, оснований и солей в водном растворе.

Кислая, щелочная и нейтральная среда раствора. Электролитическая диссоциация воды.

Водородный показатель (pH). Расчет pH в растворах сильных и слабых кислот и

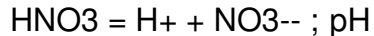
оснований.

Гидролиз солей по катиону и аниону. Необратимый гидролиз.

Примеры решения типовых задач

Задача 1. На предприятии не хватило запаса соды для нейтрализации кислотных отходов, и 3,15 кг азотной кислоты были вылиты в канализацию, а оттуда попали в пруд емкостью 10000 м³. После этого в пруду погибла вся рыба, даже такая неприхотливая, как плотва. Определите водородный показатель воды, загрязненной азотной кислотой.

Решение. Запишем уравнение реакции и условие задачи в формульном виде:



$$V = 10000 \text{ м}^3 = 1 \cdot 10^7 \text{ л};$$

$$m(\text{HNO}_3) = 3,15 \text{ кг} = 3150 \text{ г};$$

$$M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ г/моль}$$

$$\text{pH} = ?$$

В соответствии с уравнением реакции равновесная молярная концентрация катионов H^+ равна концентрации азотной кислоты $c(\text{HNO}_3)$, которая, в свою очередь, определяется так:

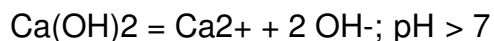
$$[H^+] = c(HNO_3) = \{m(HNO_3) / M(HNO_3)\} : V = (3150 / 63) : (1 \cdot 10^7) [\{г : (г/л)\} : л] = 5 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

$$pH = - \lg[H^+] = - \lg c(HNO_3) = - \lg 5 \cdot 10^{-6} = 5,3$$

Ответ. Водородный показатель воды в пруду равен 5,3

Задача 2. Самый дешевый щелочной реагент для нейтрализации кислотных промышленных стоков - гашеная известь (гидроксид кальция). Используют как суспензию гидроксида кальция ("известковое молоко"), так и прозрачный раствор ("известковую воду"). Рассчитайте pH 0,02М раствора Ca(OH)₂.

Решение. Запишем уравнение реакции и условие задачи в формульном виде:



$$c\{Ca(OH)_2\} = 0,02 \text{ моль/л}; pH = ?$$

В соответствии с уравнением реакции равновесная молярная концентрация анионов OH⁻ вдвое больше концентрации гидроксида кальция c{Ca(OH)₂}:

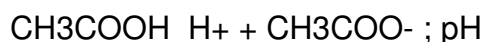
$$[OH^-] = 2c\{Ca(OH)_2\}$$

$$pH = 14 - pOH = 14 + \lg[OH^-] = 14 + \lg 2c\{Ca(OH)_2\} = 12,6$$

Ответ. Водородный показатель известковой воды равен 12,6.

Задача 3. Уксусная кислота была единственной, которую знали древние греки. Отсюда и ее название: "оксос" - кислое, кислый вкус. Уксусная кислота - слабая (диссоциирует в водном растворе только частично). Тем не менее, поскольку кислотная среда подавляет жизнедеятельность микроорганизмов, уксусную кислоту используют при консервировании пищевых продуктов, например, в составе маринадов. Установлено, что в 0,01 М растворе уксусной кислоты степень протолиза α составляет 4,2%. Рассчитайте pH этого раствора.

Решение. Запишем уравнение реакции и условие задачи в формульном виде:



$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,01 \text{ моль/л}; \alpha = 4,2\% = 0,042$$

$$\text{pH} = ?$$

В соответствии с уравнением реакции равновесная молярная концентрация катионов H^+ связана с концентрацией уксусной кислоты $c(\text{CH}_3\text{COOH})$ и степенью диссоциации таким образом:

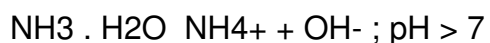
$$[\text{H}^+] = \alpha \cdot c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,042 \cdot 0,01 \text{ [моль/л]} = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 4,2 \cdot 10^{-4} = 3,4$$

Ответ. В данном растворе $\text{pH} = 3,4$

Задача 4. Одно из самых дешевых азотных удобрений - аммиачная вода, раствор аммиака. Определите степень диссоциации гидрата аммиака $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в 0,002M растворе, если его pH равен 10,3 при 25 оС.

Решение. Запишем уравнение реакции и условие задачи в формульном виде:



$$c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0,002 \text{ моль/л}; \text{pH} = 10,3$$

$$a = ?$$

В соответствии с уравнением реакции равновесная молярная концентрация анионов OH^- связана с концентрацией гидрата аммиака и степенью диссоциации:

$$[\text{OH}^-] = a \cdot c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \lg[\text{OH}^-] = 14 + \lg \{a \cdot c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})\}$$

$$a = (10^{\text{pH} - 14}) : c = 10^{10,3 - 14} / 0,002 = 0,093 = 9,3\%$$

Ответ. Степень диссоциации гидрата аммиака равна 9,3.

Электролитическая диссоциация. Кислоты и основания в водном растворе. Гидролиз.

Задачи для самостоятельного решения

4.1. Хотя растения и животные нуждаются в соединениях фосфора как элемента, входящего в состав жизненно важных веществ, загрязнение природных вод фосфатами крайне негативно сказывается на состоянии водоемов. Сброс фосфатов со сточными водами вызывает бурное развитие сине-зеленых водорослей, а жизнедеятельность всех прочих организмов угнетается. Определите количество катионов и анионов, образующихся при диссоциации 25 моль ортофосфата натрия.

4.2. Кислотность почвы, так же как и кислотность водных растворов, оценивают водородным показателем pH, который измеряют, делая водную "вытяжку" (взбалтывают образец почвы массой 10 г с 10 мл воды и дают отстояться твердым частицам). Когда почва почти не содержит кислот (нейтральна), она хороша для моркови, белокочанной капусты, лука, чеснока, сельдерея, спаржи, редьки, репы, подсолнечника, а также смородины, сливы, вишни и яблони. При значении pH от 4 до 5 почва обладает слабой кислотностью. На такой почве неплохой урожай дают горох, фасоль, огурцы, редис, помидоры, салат, цветная капуста и шпинат. Какова молярная концентрация H^+ в водной вытяжке такой почвы?

4.3. Кислотные дожди (следствие деятельности человека: при сжигании различного топлива (бензина, керосина, нефти, угля) в атмосферу выделяется огромное количество диоксида серы и диоксида азота. Взаимодействуя с кислородом воздуха и атмосферной влагой, эти оксиды превращаются в серную и азотную кислоты. Определите значение pH природных вод, которые получаются из газовых выбросов химзавода, содержащих 10 кг диоксида азота и 20 кг диоксида серы. Объем воды, в которой будут растворены полученные азотная и серная кислоты, примите равным 10000 м³.

4.4. Для понижения кислотности почву подвергают известкованию. О пользе известкования кислых почв было известно за три тысячи лет до нашей эры. Древнеегипетские земледельцы заметили, что красноземы и желтоземы, расположенные вблизи известковых каменоломен, отличаются большей урожайностью. В результате известкования почвы в ней происходит химическая реакция: $2H^+ + CaCO_3 = Ca^{2+} + CO_2 + H_2O$. Рассчитайте объем CO_2 (при н.у.), который выделяется при обработке 200 л воды со значением pH = 3,3 избытком $CaCO_3$.

4.5. Чистая вода (pH = 7), находясь на воздухе, растворяет присутствующий в атмосфере

диоксид углерода, поэтому ее водородный показатель с течением времени становится равен 6,5-6,8. Определите а) молярную концентрацию катионов H^+ в воде, если $pH = 6,7$; б) молярную концентрацию угольной кислоты H_2CO_3 , образовавшейся в этом случае (степень диссоциации равна 1%).

4.6. При аварии на складе ядовитых веществ произошла утечка 0,05 кг опасного газа фосгена - оксида-дихлорида углерода $COCl_2O$. Прибывшая команда специалистов по дегазации обработала помещение склада водой из пожарного брандспойта. При распылении воды фосген подвергается необратимому гидролизу с образованием диоксида углерода и хлороводорода. Определите pH полученных водных стоков, если всего при дегазации было израсходовано 10 м³ воды.

4.7. В 1974 году в Шотландии зафиксирован европейский "рекорд" по значению кислотности атмосферных осадков. Водородный показатель для дождевой воды оказался равен 2,4. Рассчитайте для этого случая концентрацию катионов H^+ в шотландском "кислотном дожде".

4.8. В связи с сильным загрязнением атмосферы оксидами серы в районе Аньшаньского металлургического комбината в Китае в 1981 году выпали осадки со значением pH , равным 2,25. Рассчитайте массовую долю содержащейся в этом "кислотном дожде" серной кислоты.

Ответы

4.1. 25 моль PO_4^{3-} ; 75 моль Na^+

4.2. Концентрация H^+ от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л

4.3. $pH = 4,1$

4.4. 1,12 л

4.5. $[H^+] = 2 \cdot 10^{-7}$ моль/л; $c(H_2CO_3) = 1 \cdot 10^{-5}$ моль/л

4.6. $pH = 4$

4.7. $[H^+] = 4 \cdot 10^{-3}$ моль/л

4.8. $[H^+] = 5,6 \cdot 10^{-3}$ моль/л

Литература

1. Кузьменко Н.Е., Рыжова О.Н., Лунин В.В. Проблемы реформирования отечественного химического образования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 20. Педагогическое образование. - 2005. - №2. □ С. 43-57.

2. Лисичкин Г.В., Леенсон И.А. Содержание школьного курса химии: новый взгляд на старую проблему // Химия в школе. □ 2006. - №4. □ С. 19-24.

3. Кендиван О.Д.-С. Практико-ориентированные задания в обучении химии // Химия в школе. □ 2009. - №8. □ С. 43-48.

А. Г. Кадохова, МКОУ СОШ №3 им. Иса Хуадонти, с. Чикола, Ирафский район, Республика Северная Осетия