

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2025/26 уч.г.
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. *Время выполнения 90 минут*

1 вариант

9 класс

Задача 9-1

Бинарное желтое вещество А, состоящее из двухвалентных металла и неметалла, не растворяется в воде, плавится при 565°C, кипит при 965°C, ядовито, применяется как пигмент в масляных красках, полупроводник в электронике, материал для изготовления стекол в лазерной технике, светодиодов. Вещество А реагирует с концентрированной соляной кислотой с образованием соли В и выделением газообразного продукта, молярная масса которого в 4.2353 раза меньше, чем у А. Соль В может образовать двухводный кристаллогидрат с массовой долей воды 16.438%. Определите элементы, составляющие А, формулы А, В. Составьте уравнение реакции. Атомные массы элементов округляйте до целых чисел, за исключением $M_r(\text{Cl})=35.5$.

Решение

Примем формулу вещества А за MetX . Тогда молярная масса кристаллогидрата дихлорида металла ($\text{MetCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) равна $36/0.16438 = 219$ г/моль. Молярная масса металла равна $219 - 71 - 36 = 112$. $\text{Met} = \text{Cd}$.

Определим неметалл X. $M(\text{CdX})/M(\text{H}_2\text{X}) = 4.2353 = (112 + M(\text{X})) / (2 + M(\text{X}))$.

$2 \cdot 4.2353 + 4.2353M(\text{X}) = 2 + M(\text{X})$. Отсюда $M(\text{X}) = 32$. $\text{X} = \text{S}$.

Металл – Cd; неметалл – S; А – CdS ; В – CdCl_2 .

$\text{CdS} + 2\text{HCl} = \text{CdCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$

Разбалловка

- | | |
|---|-------|
| 1. За определение Cd, S, CdS, CdCl ₂ по 5 б. | 20 б. |
| 2. За уравнение реакции | 5 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 9-2

Безводный этанол массой 46.2272 г, содержащий в качестве примеси 0.4915% оксида фосфора(V), сожгли в толстостенном металлическом сосуде в достаточном количестве кислорода и охладили до комнатной температуры. Полученный раствор освободили от растворенных газов, после чего к нему добавили равный ему по массе 0.33%-ный раствор гидроксида калия. Напишите уравнения протекающих реакций. Определите, какие вещества и в каких количествах содержатся в конечном растворе.

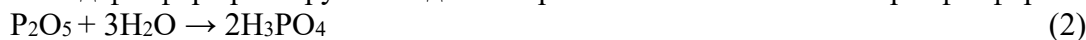
Решение

Исходная смесь содержала: P_2O_5 ($46.2272 \text{ г} \cdot 0.004915 = 0.2272 \text{ г}$, $0.2272 \text{ г} / 142 \text{ г/моль} = 0.0016 \text{ моль}$) и $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ($46.2272 - 0.2272 = 46 \text{ г}$, $46 \text{ г} / 46 \text{ г/моль} = 1 \text{ моль}$).

При сгорании этанола протекает следующая реакция:



Оксид фосфора реагирует с водой с образованием 0.0032 моль ортофосфорной кислоты:



Определим массу полученного раствора после освобождения от CO_2 .

$m(\text{р-ра}) = m(\text{исходного спиртового р-ра}) + m(\text{прореагировавших } 3 \text{ моль } \text{O}_2) - m(\text{образовавшегося } 2 \text{ моль } \text{CO}_2) = 46.2272 + 96 - 88 = 54.2272 \text{ г}$.

К полученному раствору прибавили 54.2272 г 0.33%-ного раствора KOH. $m(\text{KOH}) = 54.2272 \text{ г} \cdot 0.0033 = 0.1792 \text{ г}$. $n(\text{KOH}) = 0.1792 \text{ г} / 56 \text{ г/моль} = 0.0032 \text{ моль}$.

При сливании растворов образуется дигидрофосфат калия:



Разбалловка

За 3 уравнения реакций по 5 б. 15 б.
 За формулу и расчет $n(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 0.032$ моль по 5 б. 10 б.
 Всего: 25 б.

Задача 9-3

Две соли неорганических кислородсодержащих двухосновных кислот состоят из одинаковых элементов, но имеют разный количественный состав и структуру.

В обеих солях А – это щелочной металл. Соль 1 $\text{A}_x\text{B}_y\text{O}_4$ содержит неметалл В в его высшей степени окисления, в Соли 2 $\text{A}_x\text{B}_2\text{O}_3$ неметалл имеет разные степени окисления (одна из них высшая). Массовая доля кислорода в соли 1 составляет 45.0%, в соли 2 – 30.4%.

1) Определите состав и формулы солей, подтвердив их расчетами. Назовите соли и соответствующие кислоты.

2) Запишите по два уравнения реакции получения каждой из солей в лабораторных условиях, реакцию, лежащую в основу йодометрического титрования, название и состав минерала, в виде которого соль 1 встречается в природе. Почему соль 2 не встречается в природе?

3) Какую массу смеси солей с массовым отношением 2:5 (соль 1:соль 2) и воды нужно взять, чтобы приготовить 2 л раствора с молярной концентрацией ионов металла A^+ 0.03 моль/л? Считать обе соли сильными электролитами.

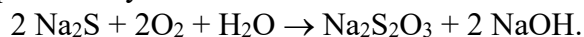
Решение

1) Поскольку А – это щелочной металл, а кислоты двухосновные, то $x = 2$. Составим систему уравнений с учетом массовой доли кислорода в каждой из солей:

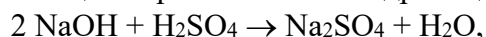
Решаем систему и получаем, что $\text{A} = 23$ г/моль, $\text{B} = 32$ г/моль. Таким образом, А – это натрий, В – это сера. Соль 1 это Na_2SO_4 , сульфат натрия, соль серной кислоты, а соль 2 – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – тиосульфат натрия, соль тиосерной кислоты.

2) В лабораторных условиях тиосульфат натрия может быть получен кипячением раствора сульфита натрия с избытком серы:

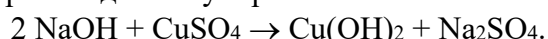
$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, или при растворении сульфида натрия в воде в присутствии кислорода воздуха:



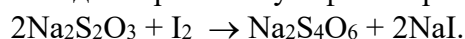
Сульфат натрия в лабораторных условиях может быть получен по реакции нейтрализации серной кислоты гидроксидом натрия:



по реакции обмена, например, при взаимодействии раствора гидроксида натрия с раствором медного купороса:



В йодометрии тиосульфат натрия применяется в качестве-восстановителя йода:



Сульфат натрия встречается в природе в виде декагидрата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ – глауберовой соли, получившей свое название в честь своего первооткрывателя Иоганна Рудольфа Глаубера. В природе глауберова соль встречается в самородном состоянии в виде минерала мирабилита. Его название происходит от латинского «mirabilis» - чудесный, удивительный. В природе

тиосульфат натрия и другие соли тиосерной кислоты не встречаются, поскольку неустойчивы и разлагаются с образованием SO_2 и S .

3) При растворении сульфата и тиосульфата натрия в воде происходит диссоциация солей. Пусть количество вещества сульфата натрия в исходной смеси $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = x$, а тиосульфата натрия $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = y$. При диссоциации каждой соли из 1 моля соли образуется 2 моля ионов натрия, общее количество ионов натрия будет $n(\text{Na}^+) = (2x + 2y)$ моль.

Найдем количество ионов натрия в растворе:

$n_{\text{р.в.}} = C \cdot V_{\text{р-ра}}$, $n(\text{Na}^+) = 0.03$ моль/л $\cdot$ 2 л = 0.06 моль, то есть $2x + 2y = 0.06$ или, поделив обе части уравнения на 2, получим $x + y = 0.03$.

Также нам известно массовое соотношение солей в смеси. Масса сульфата натрия будет равна $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142x$, а тиосульфата натрия $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158y$. Получим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.03 \\ \frac{142x}{158y} = \frac{2}{5} = 0.4 \end{cases}$$

Решаем систему и получаем $y = 0.021$ моль, $x = 0.009$ моль. Значит масса сульфата натрия будет $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \cdot 0.009 = 1.278$ г, а тиосульфата натрия – $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158 \cdot 0.021 = 3.318$ г. Пренебрегая объемами солей по сравнению с объемом воды, получаем, что для приготовления раствора необходимо 2 л, т.е. ≈ 2 кг воды.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Состав и формулы солей	6
Наименования веществ	2
Уравнения 5 реакций по 1 б.	5
Название и состав минерала	2
Обоснование неустойчивости соли 2	2
Масса смеси и воды	8
Всего	25

Задача 9-4

Максимальный объем воздуха в надутым резиновом шарике среднего размера при нормальных условиях составляет около 5 л.

- Почему такой шарик, наполненный гелием, улетит, а наполненный воздухом нет? Рассуждения подтвердите вычислениями/цифрами.

- Считая воздух в шарике сухим и состоящим на 79% по объему из азота и на 21% из кислорода определить массовую долю кислорода и азота в нем.

- Определите плотность по гелию газа, который останется в шарике, если гипотетически внести в него 4.018 г порошкообразного лития, и его объем (н.у.). Запишите уравнения реакций.

Решение

1) $V(\text{воз}) = V(\text{He})$, значит $n(\text{воз}) = n(\text{He})$. Азот и кислород тяжелее гелия, $M(\text{O}_2) = 16$, $M(\text{N}_2) = 28$, $M(\text{He}) = 4$ г/моль соответственно, поэтому плотность шариков будет различной. В случае с гелием выталкивающая сила Архимеда будет больше силы тяжести, действующей на материал шарика, и шарик поднимется.

3) Парциальный объем азота в шарике составит $V(\text{N}_2) = 0.79 \cdot 5 \text{ л} = 3.95 \text{ л}$, а объем кислорода $V(\text{O}_2) = 0.21 \cdot 5 \text{ л} = 1.05 \text{ л}$.

Количество вещества азота в шарике составит $n(\text{N}_2) = 3.95 \text{ л} / 22.4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 0.176$ моль и масса азота будет $m(\text{N}_2) = 0.176 \text{ моль} \cdot 28 \text{ г/моль} = 4.93$ г. Количество вещества кислорода в шарике составит $n(\text{O}_2) = 1.05 \text{ л} / 22.4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 0.047$ моль и масса кислорода будет $m(\text{O}_2) = 0.047 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 1.5$ г.

Масса воздуха в шарике есть суммарная масса азота и водорода, то есть $m(\text{воз}) = 4.93 + 1.5 = 6.43$ г, массовая доля азота $\omega(\text{N}_2) = 4.93/6.43 = 0.767$ или 76.7%, массовая доля кислорода $\omega(\text{O}_2) = 1.5/6.43 = 0.233$ или 23.3%.

5) При обычных условиях литий будет сначала реагировать с более активным кислородом воздуха с образованием оксида $4\text{Li} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Li}_2\text{O}$, а затем он будет реагировать с менее активным азотом с образованием нитрида $6\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{Li}_3\text{N}$.

$$n(\text{Li}) = 4.018 \text{ г} / 7 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0.574 \text{ моль}.$$

В реакцию с O_2 вступит $4 \cdot 0.047 = 0.188$ моль Li . В реакцию с N_2 вступит оставшееся количество $0.574 - 0.188 = 0.386$ моль Li . Значит N_2 в эту реакцию вступит $0.386/6 = 0.0643$ моль. Таким образом, в шарике останется только $0.176 - 0.0643 = 0.1117$ моль азота.

$$\text{Плотность азота по гелию } D_{\text{He}} = M(\text{N}_2)/M(\text{He}) = 28/4 = 7.$$

$$\text{Объем азота при н.у.: } V = 0.1117 \text{ моль} \cdot 22.4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 2.5 \text{ л}.$$

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Рассуждения, подкрепленные цифрами	5
Массовые доли газов 2 по 4б.	8
Уравнения реакций 2 по 2б	4
Плотность газа	6
Объем газа	2
Всего	25

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2025/26 уч.г.
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. *Время выполнения 90 минут*

2 вариант

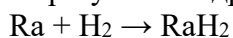
9 класс

Задача 9-1

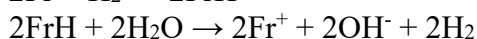
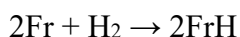
Графит способен реагировать с водородом при повышенной температуре. К полученному при этом веществу добавили 0.1%-ный водный раствор метилового оранжевого и зафиксировали его окраску. Затем такие же операции провели с простыми веществами на основе элементов Ra, I, N, Fr вместо графита. Предположите окраску индикатора во всех 4 случаях, подтвердите выводы уравнениями реакций, сопровождающихся образованием ионов, ответственных за окраску.

Решение

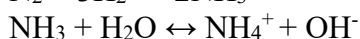
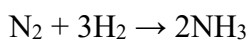
Образуются гидрид радия, франция, аммиак, метан, йодоводород.



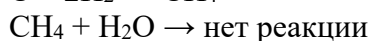
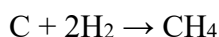
Желтый



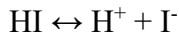
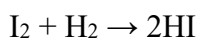
Желтый



Желтый



Оранжевый



Красный

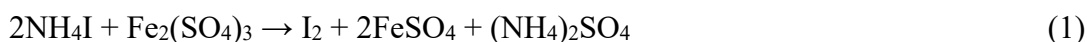
Разбалловка

- | | |
|--|-------|
| 1. За 5 уравнений реакций по 3 б. | 15 б. |
| 3. За верный цвет индикатора в 5 случаях по 2 б. | 10 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 9-2

После приливания 100 г 8%-ного раствора сульфата железа(III) к 200 г 7.25%-ного раствора йодида аммония раствор приобрел темно-коричневую окраску за счет выделившегося йода, и эта окраска полностью исчезла после прибавления X г 6.32%-ного раствора тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. В другом опыте к такой же массе указанного раствора йодида аммония добавили Y г 1.264%-ного раствора перманганата калия в сернокислой среде, при этом фиолетовая окраска сменилась темно-коричневой, в полученном растворе молярная концентрация йодид-ионов стала в 3 раза больше молярной концентрации I_2 . Вычислите значения X, Y. Запишите 3 уравнения реакций (все они являются окислительно-восстановительными). Известно, что тиосульфат натрия способен реагировать с йодом и превращаться в тетраionate натрия $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$.

Решение



$$n(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 100 \cdot 0.08 / 400 = 0.02 \text{ моль.}$$

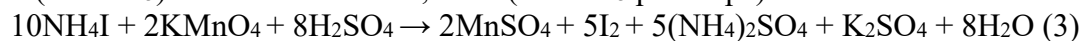
$$n(\text{NH}_4\text{I}) = 200 \cdot 0.0725 / 145 = 0.1 \text{ моль.} \quad \text{NH}_4\text{I в избытке.} \quad \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ в недостатке.}$$

$$n(\text{I}_2) = n(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 0.02 \text{ моль.}$$



$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 2n(\text{I}_2) = 0.04 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0.04 \cdot 158 = 6.32 \text{ г, } m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ раствора}) = 6.32/0.0632 = 100 \text{ г. } \mathbf{X=100.}$$



В реакции KMnO_4 с NH_4I окислитель взят в недостатке, о чем свидетельствует исчезновение фиолетовой окраски. Пусть a моль NH_4I окислилось до $0.5a$ моль йода, значит осталось непрореагировавшим $0.1-a$ моль NH_4I . По условию задачи в конечном растворе $n(\text{NH}_4\text{I}) = 3n(\text{I}_2)$. $0.1-a = 3 \cdot 0.5a$. Отсюда $a = 0.04$ моль.

По уравнению (3) $n(\text{KMnO}_4) = 0.2a = 0.008$ моль. $m(\text{KMnO}_4) = 0.008 \cdot 158 = 1.264$ г. Значит $m(\text{KMnO}_4 \text{ раствора}) = 1.264/0.01264 = 100$ г. $\mathbf{Y=100}$

Разбалловка

За 3 уравнения ОВР по 5 б.

15 б.

За расчет X и Y, равных 100, по 5 б.

10 б.

Всего:

25 б.

Задача 9-3

В двух бинарных соединениях щелочноземельного металла MeX (1) и MeX_2 (2) неметалл X имеет разные степени окисления. При комнатной температуре металл имеет серый цвет и неярко выраженный металлический блеск. Этот металл был открыт Карлом Шееле и Юханом Ганом. В природе встречается в том числе в виде карбоната в составе минерала витерита.

Массовая доля металла в соединении 1 составляет 89.5%, в соединении 2 – 81.1%.

1) Определите элементы и формулы бинарных соединений, изобразите их структурные формулы, укажите степень окисления неметалла.

2) Напишите уравнения реакций получения бинарных соединений, а также их реакции с водой и разбавленной соляной кислотой на холоду и при нагревании, с углекислым газом и угарным газом.

3) Определить массу и объем (н.у.) углекислого газа, который может быть поглощен смесью бинарных соединений массой 25 г, в которой количество вещества соединения с меньшей молярной массой относится к количеству вещества соединения с большей молярной массой как 2:3.

Решение

1) В виде карбоната в составе минерала витерита в природе встречается барий.

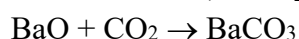
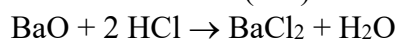
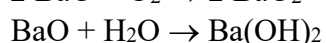
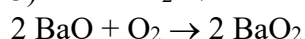
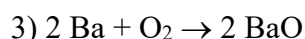
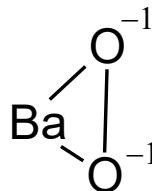
Составим уравнение с учетом массовой доли металла в соединениях:

$$0.895 \cdot (137 + X) = 0.811 \cdot (137 + 2X).$$

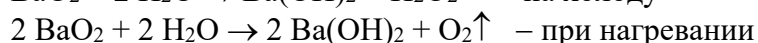
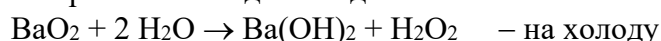
Решаем уравнение и получаем $X \approx 16$ г/моль. Значит неметалл – это кислород, соединение 1 – это оксид бария BaO , а соединение 2 – это пероксид бария BaO_2 .

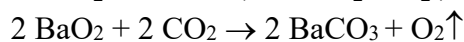
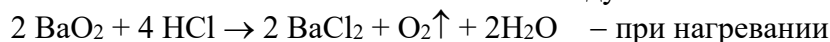
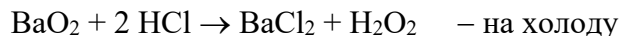
2) Изобразим структурные формулы соединений:

Оксид бария $\text{Ba}=\text{O}^{-2}$ Пероксид бария



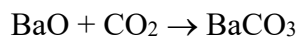
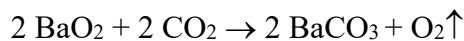
С горячей и холодной водой и соляной кислотой оксид бария реагирует одинаково.





Оксид бария с угарным газом не взаимодействует.

3) Еще раз запишем реакции взаимодействия оксида и пероксида бария с углекислым газом:



Пусть в исходной смеси содержится x моль пероксида бария и y моль оксида бария.

Тогда масса смеси будет равна: $169x + 153y = 25$.

Составим систему уравнений с учетом мольного соотношения компонентов в смеси:

$$\begin{cases} 169x + 153y = 150 \\ \frac{y}{x} = \frac{2}{3} \end{cases}$$

Решаем систему уравнений и получаем $x = 0.09225$ моль, $y = 0.0615$ моль.

Значит в реакцию с оксидом бария вступит 0.0615 моль углекислого газа, а в реакцию с пероксидом – 0.09225 моль. Общее количество углекислого газа $n(\text{CO}_2) = 0.15375$ моль. Тогда масса углекислого газа $m(\text{CO}_2) = 0.15375 \cdot 44 = 6.765$ г, а объем углекислого газа (н.у.) $V(\text{CO}_2) = 0.15375 \cdot 22.4 = 3.444$ л.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Состав и формулы соединений	4
Структурные формулы солей с верными степенями окисления	2
Уравнения 11 реакций по 1 б.	11
Масса и объем газа	8
Всего	25

Задача 9-4

Физические свойства растворов веществ часто линейно зависят от содержания растворенного вещества в определенном диапазоне концентраций. В этом случае вместо таблиц удобно пользоваться этой функциональной зависимостью для определения или прогнозирования различных физических свойств растворов.

Известно, что плотность растворов серной кислоты при температуре 20°C в диапазоне массовой доли от 10% до 90% выражается линейной зависимостью: $\rho = 0.0096\omega + 0.9409$, где ρ – плотность раствора в г/мл, ω – массовая доля в %.

1) Определите плотность растворов серной кислоты, полученных растворением 45 г серной кислоты в 300 г воды, 0.5 моль серной кислоты в 7 моль воды.

2) Сколько мл воды нужно добавить к раствору серной кислоты плотностью 1.7 мл, чтобы получить раствор плотностью 1.2 г/мл?

3) Какие массы раствора серной кислоты с массовой долей 7% и 45% нужно смешать, чтобы получить раствор плотностью 1.32 г/мл?

4) Какие другие физико-химические свойства растворов зависят от концентрации?

Решение

1) Определим массовую долю (в %) растворов:

$$\omega_1 = \frac{45 \cdot 100}{(300 + 45)} = 13\%, \quad \omega_2 = \frac{0.5 \cdot 98 \cdot 100}{(7 \cdot 18 + 0.5 \cdot 98)} = 28\%.$$

Определим плотность растворов при заданных значениях массовой доли, подставив их в функциональную зависимость:

$$\rho(13\%) = 0.0096 \cdot 13 + 0.9409 = 1.07 \text{ г/мл};$$

$$\rho(28\%) = 0.0096 \cdot 28 + 0.9409 = 1.21 \text{ г/мл};$$

2) По условию требуется разбавить раствор. Пусть исходный объем раствора составляет 100 мл, тогда конечный объем можно вычислить по формуле:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} = 100 \cdot \frac{1.7}{1.2} = 141.67 \text{ мл},$$

где $\rho_1 = 1.7 \text{ г/мл}$ и $\rho_2 = 1.2 \text{ г/мл}$ – плотности исходного и приготавливаемого раствора соответственно.

Вычислим объем воды $V(\text{H}_2\text{O}) = V_1 - V_2 = 141.67 - 100 = 41.7 \text{ мл}$.

3) Найдем массовую долю серной кислоты в растворе плотностью 1.32 г/мл по функциональной зависимости:

$$\omega(1.32) = (1.32 - 0.9409)/0.0096 = 39.5\%$$

Примем массу раствора серной кислоты с заданной плотностью за 100 г, тогда масса серной кислоты в нем будет $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \text{ г} \cdot 0.395 = 39.5 \text{ г}$.

Пусть масса раствора серной кислоты с массовой долей 7% – это x , а с массовой долей 45% – это y . Тогда в первом растворе масса серной кислоты это $0.07x$, а во втором – $0.45y$. В полученном растворе масса серной кислоты будет $0.07x + 0.45y = 39.5 \text{ г}$, а масса полученного раствора составит $x + y = 100 \text{ г}$. Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 0.07x + 0.45y = 39.5 \\ x + y = 100 \end{cases}$$

И получаем, что нужно взять $x = 14.5 \text{ г}$ раствора с массовой долей 7% и $y = 85.5 \text{ г}$ раствора с массовой долей 45%.

4) От содержания растворенного вещества зависят многие свойства растворов, например, электропроводность растворов электролитов, показатель преломления, температура кипения и температура замерзания раствора, давление пара растворителя над раствором и многие другие.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Плотности растворов серной кислоты 3 по 3 б	6
Объем воды	4
Массы растворов серной кислоты (2 по 5 б)	10
Физико-химические свойства 5 по 1 б	5
Всего	25