

ХИМИЯ

Задания 2 (очного) этапа

олимпиады школьников «Будущее медицины» 2026 г.
9 класс

Задание 1 (10 баллов)

В лаборатории судебно-медицинской экспертизы, которая занимается анализом биоматериала, практикант увидел подписанные склянки с растворами нитрата алюминия, сульфата железа (III), аммиака, сульфида натрия и бюкс с металлическим порошком красноватого цвета.

Он решил провести опыты, смешивая поочередно найденные растворы и действуя ими на металлический порошок. В двух опытах выделился газ, который он с помощью газоотводной трубки пропустил через растворы веществ с номерами 3 и 4.

Выполните следующие задания:

- 1) Напишите формулы всех веществ.
- 2) Составьте возможные уравнения реакций между предложенными веществами, указав внешние признаки взаимодействия.
- 3) Напишите реакции, протекающие между газом и веществами склянок 3 и 4, отметив происходящие изменения.

Решение	Баллы
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ NH_3 Na_2S Cu	1
1. $2\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{Na}_2\text{S} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 6\text{NaNO}_3 + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow$ выделение газа с характерным запахом тухлых яиц 2. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{S} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ выделение газа с характерным запахом тухлых яиц и выпадение бурого осадка 3. $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NH}_4\text{NO}_3$ выпадение белого студенистого осадка 4. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NH}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ выпадение бурого осадка 5. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{FeSO}_4$ растворение металлического порошка, раствор приобретает голубую окраску 6. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow 2\text{FeSO}_4 + \text{S}\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ выпадение осадка желтого цвета	6 баллов, если указаны признаки реакций – по 1 баллу за уравнение. Если не указаны признаки реакции, снимаем по 0,25 баллов.
1. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{NH}_4\text{HS}$ 2. $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{S}$ 3. $\text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{NaHS}$	3 балла

Задание 2 (10 баллов)

В медицинской практике при отравлениях, вызванных приёмом внутрь алкалоидов, синильной кислоты, фосфора для промывания желудка используют водный 0,1-0,01% раствор вещества **А**, представляющего собой тёмно-фиолетовые кристаллы с металлическим блеском. Прокаливание вещества **А** используется как лабораторный способ получения кислорода. При этом в плаве образуется два вещества – **Б** и **В**. Если плав поместить в воду, то он частично растворяется и раствор приобретает изумрудно-зеленый цвет (**Б**). После отделения осадка **В**, к нему добавили калиевую соль **Г**, в которой содержание йода составило 59,35%, и едкое кали. При этом образовалось две соли - **Б** и **Д**, при взаимодействии которых образуется два нерастворимых вещества **В** и **Е**. Вещество **Д** содержит элемент (**Е**), который является важнейшим микроэлементом, необходимым для нормального функционирования гормонов щитовидной железы.

Выполните следующие задания:

- 1) Составьте уравнения описанных превращений.
- 2) Рассчитайте состав соли **Г**, приведите ее формулу и название.
- 3) Определите массу вещества **А**, необходимую для приготовления 0,5 л его с концентрацией 0,05% (масс.). Рассчитайте молярную концентрацию приготовленного раствора.

Решение	Баллы
$\begin{array}{ccc} \text{А} & \text{Б} & \text{В} \\ 2\text{KMnO}_4 & \rightarrow & \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2 \end{array}$	2
$\begin{array}{ccc} \text{В} & \text{Г} & \text{Д} \\ \text{MnO}_2 + \text{KIO}_3 + 2\text{KOH} & \rightarrow & \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{O} \end{array}$	2
$\begin{array}{ccc} & \text{В} & \text{Е} \\ \text{K}_2\text{MnO}_4 + 2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{O} & \rightarrow & \text{MnO}_2 + \text{I}_2 + 4\text{KOH} \end{array}$	2
2. Составив уравнение $0,5935 = 127 / (166 + 16x)$, получим $x = 3$. Формула соли KIO_3 - иодат калия	2
$m(\text{p-ра}) = V \cdot \rho = 500 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 500 \text{ г}$ $m(\text{в-ва}) = m(\text{p-ра}) \cdot \omega / 100\% = 500 \cdot 0,05 / 100 = 0,25 \text{ г.}$ $C_M = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{0,25}{158 \cdot 0,5 \text{ л}} = 0,0032 \text{ моль/л}$	1 1
	10

Задание 3 (15 баллов)

В медицинской практике для снижения кислотности желудочного сока используют комбинированные антацидные препараты. В одном из таких препаратов содержатся два активных компонента: вещество А и вещество Б. Известно, что вещество А при прокаливании теряет 34,6% своей массы, превращаясь в тугоплавкий белый оксид, который не реагирует с водой, но растворяется как в кислотах, так и в растворах щелочей. Вещество Б – легкий белый нерастворимый в воде порошок, который можно получить прокаливанием минерала магнезита. Массовое соотношение вещества А и вещества Б в препарате 3 : 2 соответственно.

Для количественного анализа взяли измельченную таблетку массой 1,5 г, ее полностью растворили в 15 мл 15% раствора соляной кислоты ($\rho = 1,075$ г/мл). На нейтрализацию непрореагировавшей кислоты израсходовали 9 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 2 моль/л.

Выполните следующие задания:

- 1) Установите формулы вещества А и вещества Б. Приведите соответствующие уравнения реакций и расчеты, подтверждающие ваши рассуждения.
- 2) Рассчитайте массовые доли веществ А и Б в составе таблетки, а также массовую долю инертного наполнителя (лактозы).
- 3) Возможно ли протекание реакции между веществами А и Б при их сплавлении и при их взаимодействии в водной среде? Приведите соответствующие уравнения для протекающих реакций. Рассчитайте массу получаемого вещества или веществ, которые могут образоваться в соответствующих реакциях из одной таблетки.

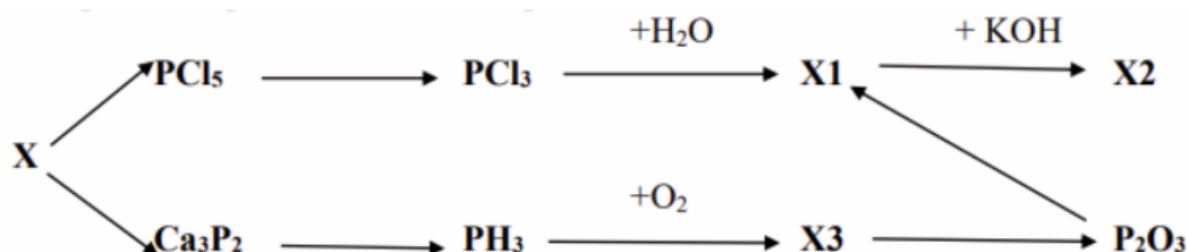
Решение	Баллы
<p>1) А – нерастворимый амфотерный гидроксид, который способен взаимодействовать как с кислотами, так и щелочами.</p> <p>При прокаливании нерастворимого гидроксида происходит потеря в массе за счет выделения воды.</p> $2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ $M(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78 \text{ г/моль}$ $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$ $\omega = \frac{3 \cdot 18}{2 \cdot 78} \cdot 100\% = 34,6\% \quad - \quad \text{потеря по массе, следовательно, вещество А – гидроксид алюминия.}$ <p>Магнезит – это карбонат магния.</p> $\text{MgCO}_3 \xrightarrow{t} \text{MgO} + \text{CO}_2$ <p>таким образом, вещество Б – оксид магния.</p> <p>2) Уравнения соответствующих реакций:</p>	<p>1) По 1 баллу за правильное определение веществ А и Б. По 0,5 баллов за правильные уравнения реакций и 1 балл за расчет потери по массе вещества А при прокаливании. (4 баллов)</p>

$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \quad (1)$ $\text{MgO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad (2)$ $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \quad (3)$ $n(\text{NaOH}) = C \cdot V = 2 \text{ моль/л} \cdot 0,009 \text{ л} = 0,018 \text{ моль}$ $m(\text{раствора HCl}) = V \cdot \rho = 15 \text{ мл} \cdot 1,075 \text{ г/мл} = 16,125 \text{ г}$ $m(\text{HCl}) = 16,125 \text{ г} \cdot 0,15 = 2,4188 \text{ г}$ $n(\text{HCl}) = 2,4188 \text{ г} / (36,5 \text{ г/моль}) = 0,066 \text{ моль}$ $n(\text{HCl})_{\text{на реакции 1 и 2}} = 0,066 - 0,018 = 0,048 \text{ моль}$ Пусть x моль – $n(\text{Al}(\text{OH})_3)$, y моль – $n(\text{MgO})$ Согласно уравнениям (1) и (2) для количества вещества соляной кислоты можно составить следующее уравнение: $3x + 2y = 0,048$ $m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78x \text{ г}$ $m(\text{MgO}) = 40y \text{ г}$ Согласно условию задачи, массовое соотношение вещества А и вещества Б в препарате 3:2 соответственно: $\frac{78x}{40y} = \frac{3}{2}$ Получаем систему уравнений: $\begin{cases} 3x + 2y = 0,048 \\ 78x \cdot 2 = 40y \cdot 3 \end{cases}$ $y = \frac{0,048 - 3x}{2}$ $156x = 60 \cdot (0,048 - 3x)$ $x = 0,0086$ $y = 0,0111$ $n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,0086 \text{ моль}$ $n(\text{MgO}) = 0,0111 \text{ моль}$ $m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,0086 \text{ моль} \cdot 78 \text{ г/моль} = 0,671 \text{ г}$ $m(\text{MgO}) = 0,0111 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 0,444 \text{ г}$ $m(\text{лактозы}) = 1,5 - 0,6708 - 0,444 = 0,385 \text{ г}$ $\omega(\text{Al}(\text{OH})_3) = (0,671 \cdot 100\% / 1,5) = 44,73\%$ $\omega(\text{MgO}) = (0,444 \cdot 100\% / 1,5) = 29,60\%$ $\omega(\text{лактозы}) = (0,385 \cdot 100\% / 1,5) = 25,67\%$ 3) В водном растворе реакция не протекает, поскольку оксид магния практически не растворим в воде. При сплавлении: $2\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{MgO} \xrightarrow{t} \text{Mg}(\text{AlO}_2)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ $n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,0086 \text{ моль}$ $n(\text{MgO}) = 0,0111 \text{ моль}$ Оксид алюминия в этом случае находится в недостатке. $n(\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2) = 0,0086 / 2 = 0,0043 \text{ моль}$ $m(\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2) = 0,0043 \text{ моль} \cdot 142 \text{ г/моль} = 0,615 \text{ г}$	2) По 0,5 баллов за правильные уравнения реакций. По 0,5 баллов за нахождение количества вещества NaOH, общего количества вещества HCl и количества вещества HCl, пошедшей на реакции (1) и (2). По 1 баллу за нахождение количества вещества $\text{Al}(\text{OH})_3$ и MgO , за определение массовых долей $\text{Al}(\text{OH})_3$, MgO и лактозы. (8 баллов) 3) 1 балл за верный ответ о реакции в водной среде. 1 балл за уравнение реакции при сплавлении. 1 балл за верный расчет массы. (3 балла)
---	---

Задание 4 (15 баллов)

Элемент, из которого состоит простое вещество X - органоген, который важен для формирования костной ткани, энергетического обмена, функционирования нервной системы и жизнедеятельности клеток.

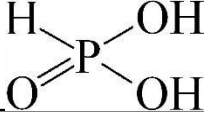

Выполните цепочку превращений, исходя из простого вещества X, 1 моль которого содержит 60 моль электронов.



Выполните следующие задания:

- 1) Определите молекулярную формулу вещества X.
- 2) Установите молекулярную формулу вещества X2, учитывая, что массовая доля фосфора составляет 19,62% и укажите класс этого соединения.
- 3) Составьте уравнения указанных превращений, учитывая, что все вещества содержат элемент X. Назовите все вещества.
- 4) Приведите структурную формулу вещества X1 и X3.

Решение	Баллы
Простое вещество – фосфор. Порядковый номер фосфора в таблице Менделеева: 15. Число электронов в нейтральном атоме равно числу протонов (порядковому номеру), следовательно, в атоме Р содержится 15 электронов. Таким образом, атомов в молекуле: $60:15=4$, формула P_4 .	1
Возможно образование KH_2PO_3 или K_2HPO_3 $M(X_2) = 31/0,1962 = 158$ г/моль K_2HPO_3 – средняя соль	1
$P_4 + 10 Cl_2 \rightarrow 4PCl_5$ хлорид фосфора (V)	0,75 0,25
$3PCl_5 + 2P \rightarrow 5PCl_3$ хлорид фосфора (III)	0,75 0,25
$PCl_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_3 + 3HCl$ X1 - фосфористая кислота	0,75 0,25
$H_3PO_3 + 2KOH \rightarrow K_2HPO_3$ X2 фосфит калия	0,75 0,25
$P_4 + 6Ca \rightarrow 2Ca_3P_2$ фосфид кальция	0,75 0,25
$Ca_3P_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$ фосфин	0,75 0,25

$2 \text{PH}_3 + 4 \text{O}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 + 3 \text{H}_2\text{O}$ ХЗ оксид фосфора (V)	0,75 0,25
$3 \text{P}_2\text{O}_5 + 4 \text{P} \rightarrow 5 \text{P}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$ оксид фосфора (III)	0,75 0,25
$\text{P}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_3\text{PO}_3$ фосфористая кислота	0,75 0,25
X1 – H_3PO_3 <i>фосфористая кислота</i> <div>  </div>	1,5
X3 – P_2O_5 оксид фосфора (V) <div>  </div>	1,5
	15