

Задачи регионального тура олимпиады по химии 2023/24 уч.г.

10 класс

1. Тест (12 б)

Пилотируемая миссия Apollo 11 на Луну в 1969 году стала большим достижением для человечества и позволила наконец определить точный состав Луны. Выяснилось, что проба поверхности Луны содержит в себе следующие химические соединения: Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , FeO , Cr_2O_3 , Na_2O .

а) Какие из представленных выше оксидов обладают **i)** кислотными, **ii)** основными и **iii)** амфотерными свойствами? (3)

Из принесенного с Луны камня выделили пробу CaO массой m , пробу растворили в воде объемом V_1 . Полученный раствор разделили по пробиркам объемом V_2 . Для нейтрализации одной пробирки понадобились V_3 3,5%-ного раствора HCl с плотностью ρ .

б) Вырази массу пробы CaO в килограммах. (3)

Лёд, находящийся на полюсах Луны, содержит в себе до 20% различных соединений углерода, которые можно использовать как потенциальное ракетное топливо. Некоторыми из этих соединений углерода являются: CO_2 , CH_3OH , CH_4 , OCS , HCN , C_7H_8 .

с) Определи (среднюю) степень окисления углерода в данных соединениях. (3)

Также с помощью электрохимической обработки льда можно получить газообразный водород, который позволил бы разместить на Луне “заправочные станции” для космических кораблей.

д) Используя вещества, перечисленные ниже, напиши и расставь коэффициенты в трех уравнениях реакций, в которых демонстрируются способы получения водорода в лабораторных условиях: Al_2O_3 , F_2 , NaCl , H_2O , Al , NaOH , HCl . (3)

2. Припой (10 б)

Припой (сплавы для паяния) с низкой температурой плавления ($<100^\circ\text{C}$) используются, например, в автоматических системах пожаротушения (спринклерах). Водоносные трубы спринклеров закрыты пробкой, изготовленной из припоя, которая плавится в случае пожара и высвобождает поток воды. Названный в честь немецкого химика припой Розе состоит из олова (Sn), свинца (Pb) и висмута (Bi).

0,8624 г пробы сплава обрабатывают концентрированным раствором азотной кислоты. При реакции металлов **A** и **B** с кислотой образуются растворимые в воде нитраты (**реакции 1 и 2**), однако металл **C** сначала образует нестабильную кислородсодержащую кислоту **D** ($M = 168,7 \text{ г моль}^{-1}$) (**реакция 3**), которая разлагается при нагревании на малорастворимый в воде оксид **E** (**реакция 4**). Осадок оксида **E** отделили от раствора и промыли дистиллированной водой. Масса сухого осадка 0,2408 г.

При добавлении избытка гидроксида натрия в раствор, содержащий нитраты, в осадок выпал трехвалентный гидроксид **F** металла **A** (**реакция 5**), а гидроксокомплекс **G** металла **B** остается в растворе (**реакция 6**). При фильтровании смеси выделили осадок гидроксида, после чего его промыли дистиллированной водой и высушили. Масса сухого осадка 0,5954 г.

а) Рассчитай формулу кислоты **D**. (1)

б) Напиши уравнения **реакций 1–6** и расставь коэффициенты. (6)

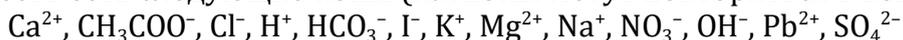
с) Рассчитай процентное содержание металлов **A**, **B** и **C** в сплаве. (3)

3. Домашнее замешательство (10 б)

Бабушка Люба отправила Кате для опытов 7 пронумерованных сосудов с веществами: две бутылки с растворами (1–2) и пять баночек с измельченными твердыми веществами (3–7). Однако Катя забыла формулы и названия веществ, поэтому решила испытать свои знания в опознавании веществ. Все измельченные вещества являлись растворимыми в воде белыми неорганическими солями.

- Раствор 1 содержит слабую органическую кислоту.
- Раствор 2 - разъедающая жидкость с высоким рН, которая используется в бытовой химии как средство для очистки труб.
- Соль 3 используют как в пищевой промышленности для створаживания сыра, так и для посыпания дорог в зимние месяцы.
- Соль 4 - это распространенное вещество для выпечки, при его реакции с содержащимися в еде кислотными соединениями выделяется слабокислотный газ, который приподнимает тесто.
- Соль 5 используют в качестве удобрения, а содержащийся в ней катион есть также в хлорофилле.
- Содержащийся в соли 6 анион поддерживает гормональную регуляцию щитовидной железы, поэтому это соединение используют как пищевую добавку.
- С помощью соли 7 можно провести реакцию золотого дождя, в которой образуется ярко-жёлтый осадок.

В составе веществ есть следующие ионы (катионы могут повторяться в веществах):



Катя изготовила растворы всех солей и результаты проведенных опытов занесла в таблицу ниже. “М” означает малорастворимый продукт реакции, а прочерк “-” показывает, что с виду реакция не происходит.

	1	2	3	4	5	6	7
1		-	-	выделяется газ	-	-	-
2	-		М	-	белый осадок	-	белый осадок
3	-	М		белый осадок, выделяется газ	М	-	М
4	выделяется газ	-	белый осадок, выделяется газ		белый осадок, выделяется газ	-	выделяется газ, мало
5	-	белый осадок	М	белый осадок, выделяется газ		-	белый осадок
6	-	-	-	-	-		ярко-жёлтый осадок
7	-	белый осадок	М	выделяется газ, мало	белый осадок	ярко-жёлтый осадок	

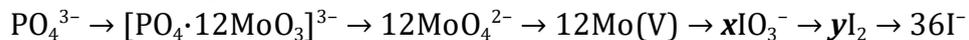
- а) Определи вещества 1–7. (7)
- б) Напиши и расставь коэффициенты в уравнениях реакций, которые произошли в данных случаях: i) раствор 1 + соль 4 →; ii) соль 3 + соль 4 →; iii) соль 6 + соль 7 →. (3)

4. Органические соединения фосфора (10 б)

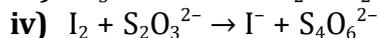
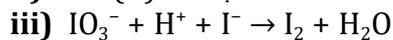
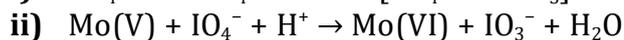
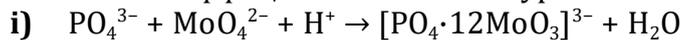
Определение микродоз фосфора в биологических пробах и пробах окружающей среды возможно с помощью многих методов.

- а) Выбери из списка два метода анализа, при проведении которых **не нужно** использовать никаких лабораторных устройств, кроме лабораторной посуды и весов. Титриметрия, Гравиметрия, Спектрофотометрия, Абсорбционная спектроскопия, Рентгеновская флуориметрия, Нейтронно-активационный анализ, Потенциометрия, Полярография. (1)

Титриметрия это простой и достаточно точный метод для определения фосфора во многих органических соединениях. Метод предполагает полное превращение органического фосфора в H_3PO_4 и проведение реакций в специальных условиях, которые описывают следующие переходы:



- б) Расставь коэффициенты в ионных уравнениях усилительных реакций: (4)



- с) Найди значения **x** и **y**, которые показывают, сколько ионов IO_3^- и молекул I_2 получается из одного начального атома фосфора. (1)

5,00 мг соединения **X** сожгли в закрытой колбе. Далее полученную смесь веществ растворили и окислили в бромной воде и после удаления брома раствор разбавили до 50,00 см³. Далее из разбавленного раствора взяли пробу объемом 10,00 см³, чтобы на основании данной последовательности реакций провести усилительные реакции до возникновения I_2 . Для титрования полученного иода ушло 6,47 см³ 0,0200 М раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

- д) Рассчитай массовое содержание фосфора в соединении **X**, используя полученные при титровании данные. (2)

- е) Рассчитай молярную массу вещества **X**. (1)

- ф) Нарисуй структурную формулу вещества **X**, если оно содержит 3 идентичных ароматических группы и один атом кислорода, который связан с центральным атомом фосфора. (1)

5. Очистка морской воды (8 б)

Для эффективной очистки морской воды на очистных станциях используют приборы для электролиза, с помощью которых содержащиеся в морской воде ионы натрия превращают в гидроксид натрия. Полученный из морской воды гидроксид натрия можно дальше использовать для удаления ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}) из морской воды.

- а) Напиши и расставь коэффициенты в уравнениях реакций удаления ионов магния и кальция. Предположи, что ионы металлов представлены в виде малорастворимых в воде карбонатов. (2)

Содержание кальция в морской воде ($\rho = 1036 \text{ кг м}^{-3}$) равно 0,410 г кг⁻¹, а содержание магния равно 1,278 г кг⁻¹.

- б) Рассчитай, сколько граммов гидроксида натрия понадобится для удаления всего кальция и магния из 1 м³ морской воды. (3)

- с) Рассчитай, сколько м³ морской воды необходимо для получения соответствующего количества NaOH , если содержание хлорида натрия в морской воде 34,9 г кг⁻¹ и выход реакции составляет 82%. (3)