

## Всероссийская олимпиада школьников по химии

## Муниципальный этап

## Решения

## 9 класс

## Задача 1.

Даны четыре элемента: X, Y, Z, M. Элемент X находится в одной группе с элементом, который был открыт М.Склодовской-Кюри. В организме взрослого человека содержится более 1 кг данного элемента в составе соединения. Соединения элемента X широко используют в строительстве. При взаимодействии 160 г простого вещества, образованного элементом X, с соляной кислотой образуется 89,6 л водорода. Элемент Y образует простое вещество Y, которое играет важнейшую роль в жизни растений, животных и человека. Он находится в одном периоде с элементом Z, соединения которого являются основой всех живых организмов. Простое вещество, образованное элементом Z, было использовано русским химиком Н.Д.Зелинским при изготовлении противогАЗа. В соединении элемента Y с водородом на долю водорода приходится 11,1%. Элемент M занимает второе место по распространению в земной коре и образует неустойчивое водородное соединение, которое самовоспламеняется на воздухе. На долю водорода в этом соединении приходится 12,5%.

1. Назовите химические элементы.
2. Напишите формулы веществ, о которых идет речь в задаче, подтвердите их расчетами.
3. Напишите уравнения реакций, описанных в задаче. (14 баллов)

	Решение	Баллы
1.	Химические элементы:  X- кальций (в одной группе с радием), Y - кислород (находится в одном периоде с элементом Z), Z – углерод (соединения которого являются основой всех живых организмов.), M –кремний (занимает второе место по распространению в земной коре)	4 балла
2. Вещества	В строительстве используют соединение элемента X - карбонат кальция –CaCO <sub>3</sub> В организме человека кальций также присутствует в составе карбоната.  $\text{Ca} + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2$  При реакции 160 г Ca выделяется x л H <sub>2</sub> (y моль) Формула 1 балл	Формула 1 балл  Расчет 1 балл

	<p>Расчет 1 балл</p> <p>При реакции 40 г Са выделяется 22,4 л Н<sub>2</sub> (1 моль)</p> <p>X = 89,6 л (y=4 моль)</p>	
	<p>Элемент У – кислород –образует простое вещество О<sub>2</sub>, соединение водорода с кислородом –вода Н<sub>2</sub>О</p> <p>2 Н<sub>2</sub> + О<sub>2</sub> = 2 Н<sub>2</sub>О</p> <p>W(H) = 2/18 =0,111(11,1%)</p>	<p>Формула 1 балл</p> <p>Расчет 1 балл</p>
	<p>Элемент Z – углерод образует простое вещество уголь С, использованное Н.Д.Зелинским при изготовлении противогаза.</p>	<p>Формула 1 балл</p>
	<p>Элемент М –кремний образует неустойчивое водородное соединение, которое само воспламеняется на воздухе – силан SiH<sub>4</sub></p> <p>W(H) = 4/32 =0,125(12,5%)</p>	<p>Формула 1 балл</p> <p>Расчет 1 балл</p>
3	<p>Ca + 2HCl = CaCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub></p> <p>2 Н<sub>2</sub> + О<sub>2</sub> = 2 Н<sub>2</sub>О</p> <p>SiH<sub>4</sub> + 2O<sub>2</sub> = 2H<sub>2</sub>O + SiO<sub>2</sub></p>	3 балла
		Итого 14 баллов

## Задача 2.

При взаимодействии с водой 27,4 г двухвалентного металла выделилось 4,48 л газа. К полученному раствору, масса которого 800 г, добавили 200 г 10% раствора Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при этом образовался осадок.

1. О каком металле идет речь?
2. Какова масса осадка?
3. Чему равны массовые доли веществ в полученном растворе?  
(8 баллов)

	Решение	Баллы
1	Me + 2H <sub>2</sub> O = Me(OH) <sub>2</sub> + H <sub>2</sub>	1 балл
	<p>n(H<sub>2</sub>) = 4,48 л/22.4 л/моль = 0,2 моль</p> <p>n(Me) - n(H<sub>2</sub>) =0,2 моль</p> <p>M(Me) = 27,4 г/0,2 моль = 137 г/моль.</p> <p>Me-Ва (барий)</p>	1 балл

	Решение	Баллы
2	$\text{Ba(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{BaSO}_4 + 2\text{NaOH}$	1 балл
	$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 200 \text{ г} \cdot 0,1 = 20 \text{ г}$ $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 20 \text{ г} / 142 \text{ г/моль} = 0,14 \text{ моль}$ $1 \text{ моль Ba(OH)}_2 \text{ -----} 1 \text{ моль Na}_2\text{SO}_4$ $0,2 \text{ моль Ba(OH)}_2 \text{ -----} 0,14 \text{ моль Na}_2\text{SO}_4$ $\text{Ba(OH)}_2$ в избытке	1 балл
	$n(\text{BaSO}_4) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,14 \text{ моль}$ $m(\text{BaSO}_4) = 0,14 \text{ моль} \cdot 233 \text{ г/моль} = 32,62 \text{ г}$ –масса раствора после реакции уменьшилась на массу осадка сульфата бария	1 балл
3	$m(\text{р-ра после реакции}) = 800 + 200 - 32,62 = 967,38 \text{ г}$	1 балл
	В растворе находятся остаток $\text{Ba(OH)}_2$ и образовавшийся $\text{NaOH}$  Вступило $0,14 \text{ моль Ba(OH)}_2$ , осталось $0,2 - 0,14 = 0,06 \text{ моль}$ $m(\text{остатка Ba(OH)}_2) = 0,06 \text{ моль} \cdot 171 \text{ г/моль} = 10,26 \text{ г}$ $w \text{ Ba(OH)}_2 = 10,26 \text{ г} / 967,38 \text{ г} = 0,0106 (1,06\%)$	1 балл
	Образовалось в ходе реакции $n(\text{NaOH}) = 2 n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,14 \cdot 2 = 0,28 \text{ моль}$ $m(\text{NaOH}) = 0,28 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 11,2 \text{ г}$ $w (\text{NaOH}) = 11,2 \text{ г} / 967,38 \text{ г} = 0,0115 (1,15\%)$	1 балл
		Итого 8 баллов

### Задача 3.

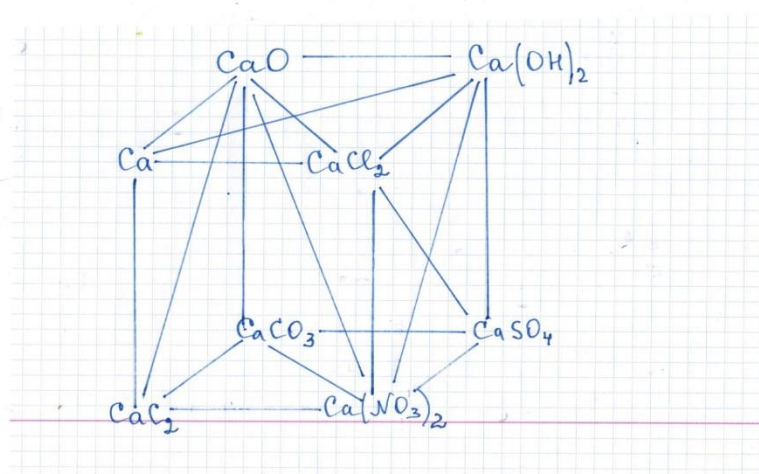
При растворении 5,38 кристаллогидрата сульфата цинка  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{XH}_2\text{O}$  в 92 мл воды был получен раствор с массовой долей соли 3,31%. Установите состав кристаллогидрата (величину X) (5 баллов)

	Решение	Баллы
	Масса полученного раствора $m_{\text{р-ра}} = m(\text{кристаллогидрата}) + m(\text{воды}) = 5,38 \text{ г} + (92 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл}) = 97,38 \text{ г}$	1 балл
	$m(\text{ZnSO}_4) = 0,0331 \cdot 97,38 \text{ г} = 3,22 \text{ г}$	1 балл
	$M(\text{ZnSO}_4 \cdot \text{X H}_2\text{O}) = 161 + 18\text{X}$	1 балл
	$161 + 18\text{X} \text{ г кристаллогидрата} \text{-----} 161 \text{ г ZnSO}_4$  $5,38 \text{ г кристаллогидрата} \text{-----} 3,22 \text{ г ZnSO}_4$	1 балл

	$(161 + 18X) \cdot 3,22 = 161 \cdot 5,38$ $866,18 = 518,42 + 57,96x$ $X = 6$ <p>кристаллогидрат сульфата цинка <math>ZnSO_4 \cdot 6H_2O</math></p>	1 балл
		5 баллов

#### Задача 4.

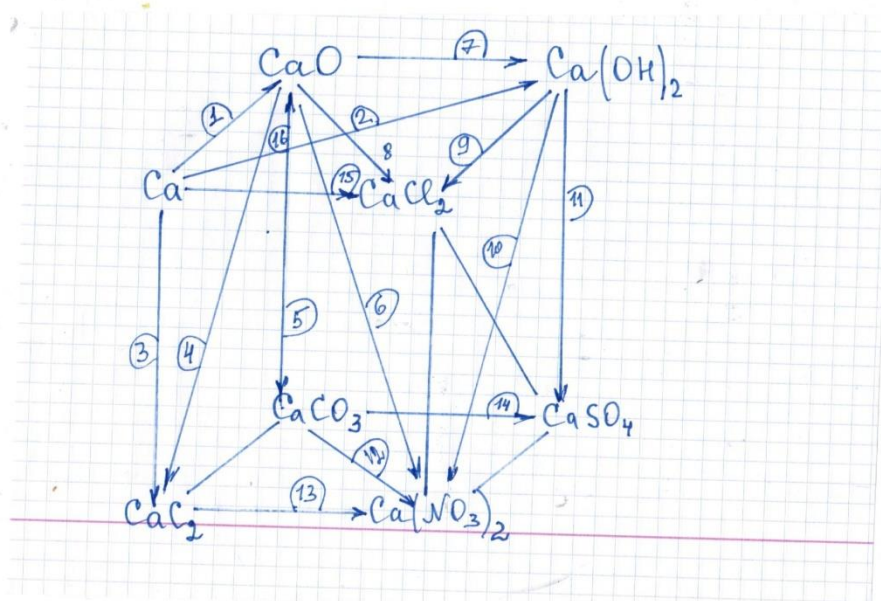
Перед вами схема превращений веществ, выполненная в виде куба.



Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить эти превращения веществ, при этом направления превращений веществ (направления стрелок) выберите сами и поставьте на схеме номера превращений. Все уравнения должны быть с коэффициентами. (16 баллов)

**Решение:**

## Уравнения



- 1)  $2\text{Ca} + \text{O}_2 = 2\text{CaO}$
- 2)  $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2$
- 3)  $\text{Ca} + 2\text{C} = \text{CaC}_2$
- 4)  $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$
- 5)  $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$
- 6)  $\text{CaO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 7)  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$
- 8)  $\text{CaO} + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 9)  $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 10)  $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 11)  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 12)  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 13)  $\text{CaC}_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + \text{C}_2\text{H}_2$
- 14)  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 15)  $\text{Ca} + \text{Cl}_2 = \text{CaCl}_2$
- 16)  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$

Возможны другие варианты, другие направления превращений, другая последовательность. Оценивать 16 правильных уравнений, каждое правильно написанное уравнение (с коэффициентами) реально протекающей реакции – 1 балл

### Задание 5. Экспериментальная задача.

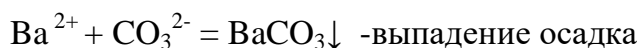
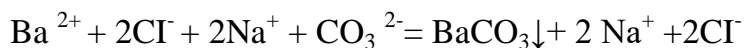
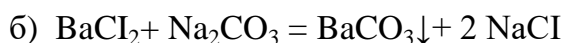
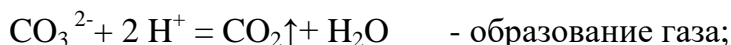
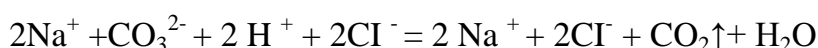
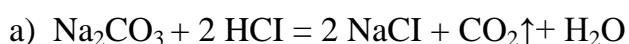
В четырех склянках без этикеток находятся прозрачные бесцветные растворы карбоната натрия и хлорида бария, соляная кислота и вода. Как не прибегая к помощи других реактивов, используя минимальное число операций, определить содержимое каждой склянки? Приведите уравнения реакций в молекулярной, полной и сокращенной ионной формах. Укажите признаки реакций. Предложите план распознавания. Опытным путем определите вещества.

#### Решение

1. Визуально изучить содержимое склянок. Наблюдения - все жидкости прозрачны и бесцветны.
2. Запись решения задачи приведена в таблице, которая будет являться руководством к практической деятельности.

Номер строки	Вещество	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{HCl}$	$\text{BaCl}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
1	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	-	$\text{CO}_2\uparrow$	$\text{BaCO}_3\downarrow$	-
2	$\text{HCl}$	$\text{CO}_2\uparrow$	-	-	-
3	$\text{BaCl}_2$	$\text{BaCO}_3\downarrow$	-	-	-
4	$\text{H}_2\text{O}$	-	-	-	-

3. Запись уравнений реакций с указанием признаков их протекания:



За уравнения реакций – 3б (0,5б за уравнение)

За признаки реакций – 2б (по 1б за признак)

За план распознавания – 2б (неполное описание, либо частично-ошибочное – 1б)

За реальное распознавание – 2б (0,5б за каждое вещество)

За технику безопасности – 1б

**Итого– 10 баллов.**

## Всероссийская олимпиада школьников по химии

## Муниципальный этап

## Решения

## 10 класс

## Задача №1

Объем смеси угарного газа с кислородом равен 500 мл (н.у.). После полного окисления угарного газа объем сократился до 360 мл. Полученную смесь пропустили через 10 г 3,5%-ного раствора едкого кали. Какой состав имела исходная смесь? Определите концентрацию (в процентах) веществ в растворе. **(6 баллов)**

## Решение



1. По уравнению (1) — так как  $\nu(\text{CO}) : \nu(\text{O}_2) : \nu(\text{CO}_2) = 2 : 1 : 2$  и  $\Delta V = 500 - 360 = 140$  мл, то прореагировали 140 мл  $\text{O}_2$  с 280 мл  $\text{CO}$ , образовалось 280 мл  $\text{CO}_2$ . **(1 б)**

Состав исходной смеси — 280 мл  $\text{CO}$  ( $\varphi(\text{CO}) = 280/500 = 0,56$ ) и 220 мл  $\text{O}_2$  ( $\varphi(\text{O}_2) = 220/500 = 0,44$ ). **(1 б)**

2. Количества реагентов:

а)  $\nu(\text{CO}_2) = 0,28 / 22,4 = 0,0125$  моль,  $m(\text{CO}_2) = 0,0125 \cdot 44 = 0,55$  г; **(0,5 б)**

б)  $\nu(\text{KOH}) = (10 \cdot 0,035) / 56 = 0,00625$  моль. **(0,5 б)**

3. Определяем тип соли и ее количество:

а) по уравнению (2) —  $\nu(\text{CO}_2) : \nu(\text{KOH}) = 1 : 2$ , следовательно, в избытке находится  $\text{CO}_2$  **(0,5 б)**

б) по уравнению (3) —  $\nu(\text{CO}_2) : \nu(\text{KOH}) = 1 : 1$ , следовательно, в избытке находится  $\text{CO}_2$   $0,0125 - 0,00625 = 0,00625$  моль и образуется 0,00625 моль  $\text{KHCO}_3$ . **(0,5 б)**

4.  $\omega(\text{KHCO}_3) = m(\text{KHCO}_3) / (m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) + m(\text{CO}_2)) = 0,00625 \cdot 100 / 10 + 0,55 = 0,0592$ , или 5,92%. **(0,5 б)**

## Задача №2

Смесь пропана, пропена и изобутилена имеет плотность по водороду 19,4. К этой смеси добавили равный объем водорода и полученную смесь пропустили над платиновым катализатором, в результате объем смеси уменьшился на 25%. Рассчитайте состав исходной смеси органических веществ в объемных долях. **(7 баллов)**

### Решение



Пусть в смеси содержится  $\nu(\text{C}_2\text{H}_6) = x$  моль,  $\nu(\text{C}_3\text{H}_6) = y$  моль,  $\nu(\text{C}_4\text{H}_8) = z$  моль и  $V_1(\text{смесь}) = 22,4$  л (то есть суммарное количество вещества  $x + y + z = 1$  моль), **(0,5 б)**  
тогда:

а)  $D(\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_6 + \text{C}_4\text{H}_8)/\text{H}_2 = (30x + 42y + 56z)/2 = 19,4$ .  $M(\text{смеси}) = 38,8$  г/моль **(1 б)**

б) Объем смеси после добавления водорода стал 44,8 л, т.е. 2 моль. Сокращение объема произошло за счет  $\text{H}_2$  и составило  $2 \text{ моль} \cdot 0,25 = 0,5$  моль. **(1 б)**

Так как объем уменьшается за счет поглощения  $\text{H}_2$  по уравнению (2)  $\nu(\text{H}_2) = y$  и уравнению (3)  $\nu(\text{H}_2) = z$ , то  $z + y = 0,5$ , отсюда  $x = 0,5$ ; **(1 б)**

в) составляем и решаем систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} x + y + z = 1 \\ z + y = 0,5 \\ 30x + 42y + 56z = 38,8 \end{array} \right. \quad (1 \text{ б})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x = 0,5 \\ y = 0,2 \\ z = 0,3 \end{array} \right.$$

Объемные доли углеводородов в газовой смеси:  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,5$ , или 50%,  $\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,2$ , или 20%;  $\varphi(\text{C}_4\text{H}_8) = 0,3$ , или 30%. **(1 б)**



### Задача №3

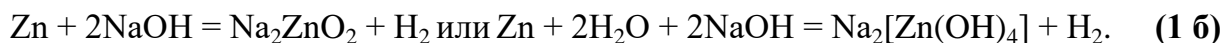
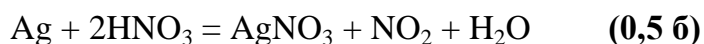
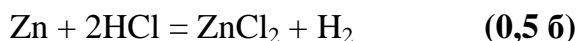
Химик получил три образца металлов, похожих по внешнему виду (по окраске), и нашел способ, как их быстро различить. Для этого он подверг взятые образцы действию соляной и концентрированной азотной кислот и раствора едкого натра. Результаты его исследования представлены в таблице, где знаком «+» обозначены случаи, когда происходит растворение металла, а знаком «—» случаи, когда металл не реагирует с раствором кислоты или щелочи.

Реактивы	Металл I	Металл II	Металл III
Соляная кислота	—	+	+
Азотная кислота	+	—	+
Раствор щелочи	—	+	+

Определите, какие металлы были подвергнуты исследованию. Напишите уравнения проведенных реакций и объясните, почему данные металлы не во всех случаях взаимодействуют с указанными веществами. **(11 баллов)**

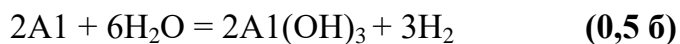
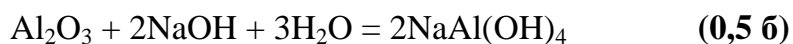
#### Решение

Металл I — серебро Ag (медь не подходит по своей окраске, так как имеет красный цвет, ртуть — по агрегатному состоянию); металл II — алюминий Al; металл III — цинк Zn. **(3 б)**



Серебро в электрохимическом ряду напряжений стоит после водорода и растворимо в азотной кислоте. **(1 б)**

Алюминий растворяется как в растворах кислот, так и щелочей, но пассивируется концентрированными азотной и серной кислотами. Растворы щелочей удаляют с поверхности металла защитный слой  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Металл реагирует с водой, причем образующийся амфотерный гидроксид растворяется в избытке раствора щелочи **(1 б)**

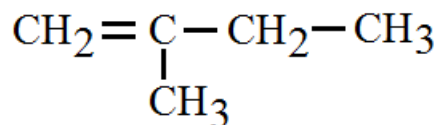


Цинк ведет себя сходно с алюминием, но на его поверхности не получается плотной защитной оксидной пленки, и он не пассивируется азотной кислотой. **(1 б)**

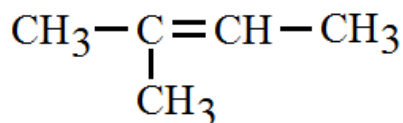
#### Задача №4

При гидрировании смеси ациклических непредельных углеводородов получили 2-метилбутан. Сколько в исходной смеси могло быть углеводородов? Напишите структурные формулы этих углеводородов и назовите их. (7 баллов — 0,5 балла за формулу, 0,5 балла за название)

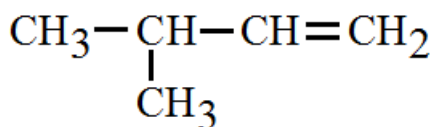
#### Решение



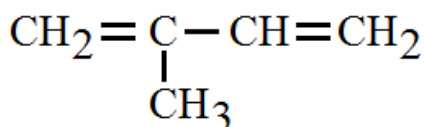
2-метилбутен-1



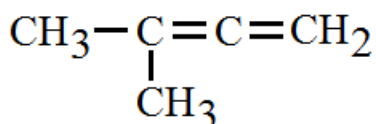
2-метилбутен-2



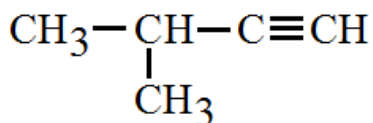
3-метилбутен-1



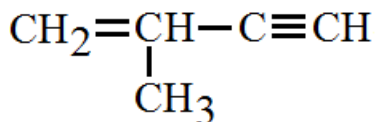
2-метилбутадиен-1,3



3-метилбутадиен-1,2



3-метилбутин-1



2-метилбутен-1-ин-3

**Задание № 5 (химический эксперимент) выпаривание и прокаливание проводить под тягой**

При взаимодействии раствора соли А со щелочью было получено студенистое нерастворимое в воде вещество голубого цвета, которое растворили в бесцветной жидкости Б с образованием раствора голубого цвета. Твердый продукт, оставшийся после осторожного выпаривания раствора, прокалили, при этом выделилось два газа, один из которых бурого цвета, а второй входит в состав атмосферного воздуха, и осталось твердое вещество черного цвета, которое растворяется в жидкости Б с образованием вещества А. Установите вещества А и Б. Выполните опыты, придумайте приборы для осуществления опытов, о которых идет речь в условии задачи. Напишите уравнения описанных реакций.

**Решение**

	Описание опыта	Уравнение реакции	баллы
1 опыт	К раствору соли А - нитрату меди(2) в стакане прилить раствор гидроксида натрия, образуется студенистое нерастворимое в воде вещество голубого цвета – гидроксид меди (2)	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{NaNO}_3$	1 балл за уравнение с коэффициентами
2 опыт	К осадку гидроксида меди (2) прилить бесцветную жидкость Б –раствор азотной кислоты, образуется голубой раствор	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл за уравнение с коэффициентами
3 опыт	Этот раствор перенести в фарфоровую чашку и выпарить воду, затем прокалить (продолжать нагревать) Выделяется бурый газ и кислород. На дне чашки остается черный налет оксида меди (2)	$2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$	1 балл за уравнение с коэффициентами
4 опыт	К оставшемуся на дне чашки черному налету прилить раствор азотной кислоты. Образуется голубой раствор.	$\text{CuO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$	1 балл за уравнение с коэффициентами
		1 балл за формулу и название вещества А	
		1 балл за формулу и название вещества Б	
		1 балл за опыт с выпариванием раствора в фарфоровой чашке. 3	
			Итого 7 баллов.

**Оборудование и реактивы**

1. Пробирка или склянка с раствором нитрата меди (этикетка раствор А)
2. Пробирка или склянка с раствором азотной кислоты (этикетка раствор Б)
3. Стакан на 100 или 150 мл
4. Фарфоровая чашка
5. Штатив или держатель для пробирок ( для укрепления фарфоровой чашки)
6. Спиртовка, спички
7. Склянка с раствором щелочи

## Всероссийская олимпиада школьников по химии

## Муниципальный этап

## Решения

## 11 класс

## Задача №1

К 8%-ному раствору хлорида алюминия массой 25 г прилили 25 г 8%-ного раствора гидроксида натрия. Полученный осадок отфильтровали и прокалили. Определите массу получившегося после прокаливания остатка и массовые доли растворенных веществ в фильтрате. (10 баллов)

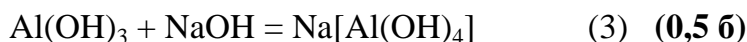
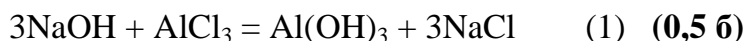
## Решение

1. Находим количество вещества реагентов

$$v(\text{AlCl}_3) = 25 \cdot 0,08 / 133,5 = 0,015 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ б})$$

$$v(\text{NaOH}) = 25 \cdot 0,08 / 40 = 0,05 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ б})$$

2. Идут реакции



3. По уравнению (1) количество вещества NaOH в избытке и останется  $0,05 - 0,045 = 0,005$  моль (0,5 б), количество вещества  $\text{Al}(\text{OH})_3 = 0,015$  моль (0,5 б), количество вещества  $\text{NaCl} = 0,045$  моль. (0,5 б).

4. Часть осадка растворится в щелочи, по уравнению (3):  $v(\text{NaOH}) = v(\text{Al}(\text{OH})_3) = v(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0,005$  моль. (1 б)

5. В фильтрате останется 0,045 моль NaCl ( $m(\text{NaCl}) = 2,6325$  г) и 0,005 моль  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  ( $m(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 118 \cdot 0,005 = 0,59$  г). (1 б)

6. Количество вещества оставшегося  $\text{Al}(\text{OH})_3 = 0,015 - 0,005 = 0,01$  моль,  $m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78 \cdot 0,01 = 0,78$  г. (1 б)

7. По уравнению (2) при прокаливании 2 моль  $\text{Al}(\text{OH})_3$  дают 1 моль  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , тогда по условию  $v(\text{Al}_2\text{O}_3) = v(\text{Al}(\text{OH})_3)/2 = 0,005$  моль,  $m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 102 \cdot 0,005 = 0,51$  г. (1 б)

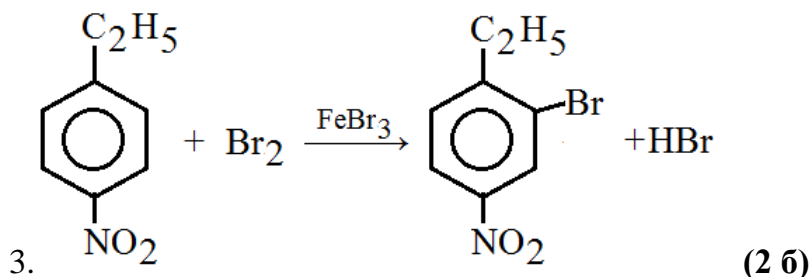
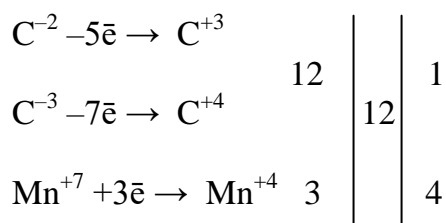
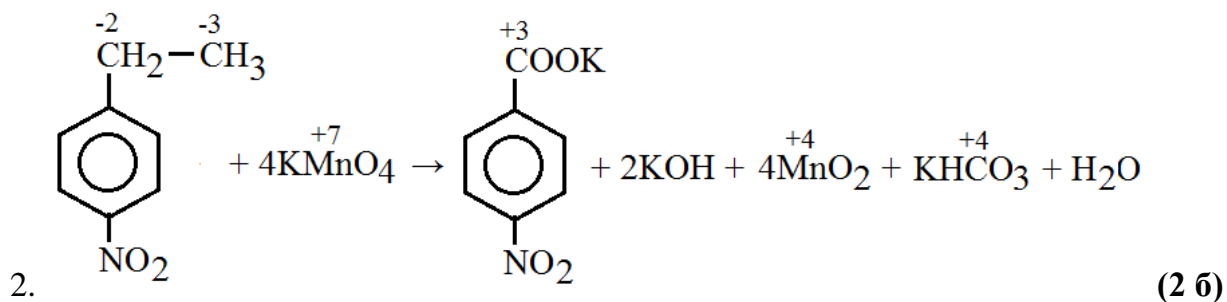
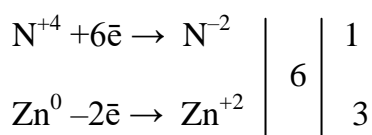
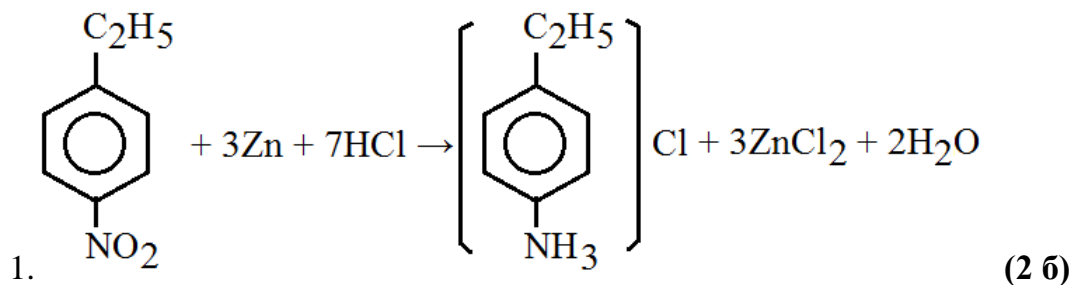
8.  $m$  фильтрата =  $m$ (исходных растворов) –  $m$ (осадка) =  $25 + 25 - 0,78 = 49,22$  г. (1 б)

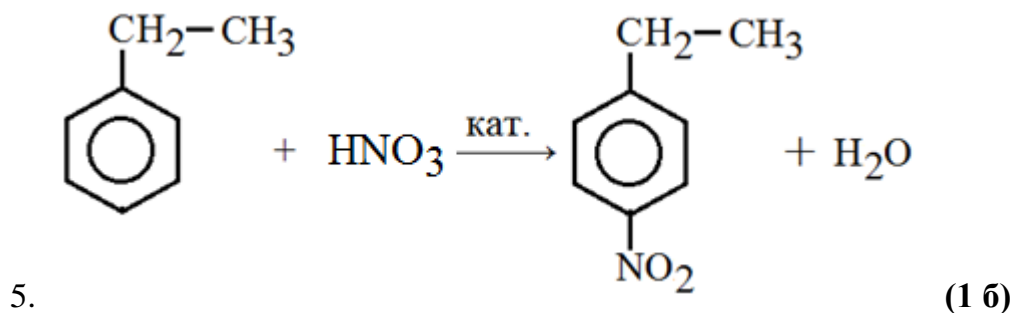
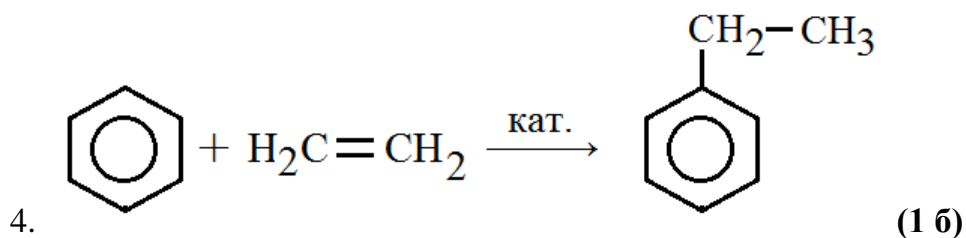
$$\left. \begin{array}{l} \omega(\text{NaCl}) = 2,6325 / 49,22 = 0,053 \text{ или } 5,3\% \\ \omega(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0,59 / 49,22 = 0,012 \text{ или } 1,2\% \end{array} \right\} \quad (1 \text{ б})$$

## Задача №2

Вещество «А» состава  $C_8H_9O_2N$  восстанавливается цинком в солянокислой среде до вещества  $C_8H_{12}NC1$ . При окислении «А» водным раствором перманганата калия образуется вещество  $C_7H_4KO_4N$ . При реакции «А» с бромом в присутствии  $FeBr_3$  образуется только одно монобромпроизводное. Установите структурную формулу вещества «А» и предложите способ его получения из бензола. Напишите уравнения всех реакций. (8 баллов)

### Решение



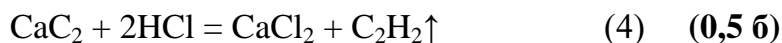
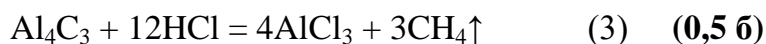


При оценивании способа получения вещества А может быть предложен другой вариант (суммарные баллы сохраняются).

### Задача №3

Смесь веществ, образовавшуюся при прокаливании без доступа воздуха 9,4 г смеси порошков алюминия и кальция с 5,64 г кокса, обработали избытком разбавленной соляной кислоты — в результате выделился газ с плотностью по водороду 10. После пропускания этого газа через реактор, имеющий узкую зону нагрева с температурой 1500 °С, плотность по водороду уменьшилась до 8. Определите состав смеси металлов и газовых смесей. (14 баллов)

### Решение



А. Определение состава смеси металлов и газовой смеси, полученной при кислотном гидролизе карбидов

1. Пусть  $\nu(\text{CH}_4) = x$  моль,  $\nu(\text{C}_2\text{H}_2) = y$  моль, тогда

$$D_{\text{смеси 1 по H}_2} = \frac{16x + 26y}{2(x + y)} = 10 \quad (1 \text{ б})$$

2. Из уравнений (1-4) видно, что:

а)  $\nu(\text{Al}) : \nu(\text{CH}_4) = 4 : 3$ , то есть  $m(\text{Al}) = 27 \cdot 4x / 3$  г;

б)  $\nu(\text{Ca}) = \nu(\text{C}_2\text{H}_2)$ , то есть  $m(\text{Ca}) = 40y$  г. (1 б)

3. Составляем и решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{16x + 26y}{2(x + y)} = 10 \\ 27 \cdot \frac{4x}{3} + 40y = 9,4 \end{cases} \quad (0,5 \text{ б})$$

$$\begin{cases} x = 0,15 \\ y = 0,1 \end{cases}$$

$$m(\text{CH}_4) = 16 \cdot 0,15 = 2,4 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = 26 \cdot 0,1 = 2,6 \text{ г} \quad (1 \text{ б})$$

$$\text{Масса газов } m_{\text{смеси}} = 5 \text{ г} \quad (1 \text{ б})$$

4. Рассчитываем массы и массовые доли металлов:

$$\text{а) } m(\text{Ca}) = 40 \cdot 0,1 = 4 \text{ г}; m(\text{Al}) = 27 \cdot 4 \cdot 0,15 / 3 = 5,4 \text{ г}; \quad (1 \text{ б})$$

$$\begin{aligned} \text{б) } \omega(\text{Ca}) &= 4 / 9,4 = 0,4255, \text{ или } 42,55\%; \\ \text{в) } \omega(\text{Al}) &= 5,4 / 9,4 = 0,5745, \text{ или } 57,45\%. \end{aligned} \quad (1 \text{ б})$$

5. Проверяем, находился ли углерод в избытке (прореагировали ли металлы полностью):

$$\text{а) } \nu(\text{C})_{\text{исходный}} = 5,64 / 12 = 0,47 \text{ моль}; \quad (0,5 \text{ б})$$

$$\text{б) } \nu(\text{C})_{\text{по уравнениям (1-2)}} = 0,15 + 0,2 = 0,35 \text{ моль, следовательно, } \text{CH}_4 \text{ и } \text{C}_2\text{H}_2 \text{ образовались в количествах, соответствующих составу смеси металлов.} \quad (0,5 \text{ б})$$

6. Объемные доли газов в смеси 1:

$$\text{а) } \varphi(\text{CH}_4) = 0,15 / (0,15 + 0,1) = 0,6, \text{ или } 60\%;$$

$$\text{б) } \varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,1 / (0,15 + 0,1) = 0,4, \text{ или } 40\%. \quad (1 \text{ б})$$

Б. Определение состава газовой смеси, образующейся при пиролизе метана (по уравнению 5).

7. При предположении, что весь  $\text{CH}_4$  вступил в реакцию, задача не имеет смысла (не получается  $D_{\text{смеси1 по H}_2} = 8$ ), поэтому вводим обозначение — пусть в реакцию вступило  $z$  моль  $\text{CH}_4$ , тогда: **(0,5 б)**

	$\text{CH}_4$	$\text{H}_2$	$\text{C}_2\text{H}_2$
$\nu$ (исходное) моль	0,15	0	0,1
$\nu$ (по реакции) моль	$z$	$1,5z$	$0,5z$
$\nu$ (конечное) моль	$0,15 - z$	$1,5z$	$0,1 + 0,5z$
масса (конечная)	$16 \cdot (0,15 - z)$	$2 \cdot 1,5z$	$26 \cdot (0,1 + 0,5z)$

Масса газов в процессе пиролиза не изменилась и равна исходной массе газов:  $2,4 + 2,6 = 5 \text{ г}$

8. Рассчитываем количество прореагировавшего  $\text{CH}_4$ :

$$\frac{5}{2 \cdot (0,15 - z + 1,5z + 0,1 + 0,5z)} = 8 \quad (1 \text{ б})$$

$$z = 0,0625$$

9. Рассчитываем объемные доли газов в смеси, образовавшейся после пропускания через реактор:

$$\varphi(CH_4) = \frac{0,15 - 0,0625}{0,15 - 0,0625 + 1,5 * 0,0625 + 0,1 + 0,5 * 0,0625} = \frac{0,0875}{0,3125} = 0,28$$

$$\varphi(H_2) = \frac{1,5 * 0,0625}{0,3125} = 0,30 \quad (1,5 \text{ б})$$

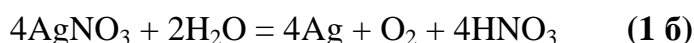
$$\varphi(C_2H_2) = \frac{0,1 + 0,5 * 0,0625}{0,3125} = 0,42$$

#### Задача №4

Электролизу подвергли 5,1%-ный раствор нитрата серебра массой 1000 г. При этом на катоде выделилось 10,8 г вещества. Затем в электролизер добавили 500 г 13,5% -ного раствора хлорида меди (II) и раствор снова подвергли электролизу до выделения на аноде 8,96 л (н. у.) газа. Каковы массовые доли веществ в конечном растворе? (11 баллов)

#### Решение

1. Составим уравнение электролиза раствора нитрата серебра:



2. Рассчитаем количество вещества  $AgNO_3$  в исходном растворе ( $v_0$ ), подвергшегося электролизу ( $v_1$ ) и оставшегося в растворе ( $v_2$ ):

$$\left. \begin{aligned} v_0 (AgNO_3) &= 1000 * 0,051 / 170 = 0,3 \text{ моль} \\ v_1 (AgNO_3) &= 10,8 / 108 = 0,1 \text{ моль} \end{aligned} \right\} \quad (1 \text{ б})$$

$$v_2 (AgNO_3) = 0,3 - 0,1 = 0,2 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ б})$$

3. Оставшийся  $AgNO_3$  реагирует с добавленным хлоридом меди (II):



4. Рассчитаем количество вещества  $CuCl_2$ , который был добавлен к раствору  $AgNO_3$  ( $v_0$ ), прореагировал с  $AgNO_3$  ( $v_1$ ), остался в растворе после реакции ( $v_2$ ):

$$v_0 (CuCl_2) = 500 * 0,135 / 135 = 0,5 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ б})$$

$$v_1 (CuCl_2) = 0,5 v_1 (AgNO_3) = 0,5 * 0,2 = 0,1 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ б})$$

$$v_2 (CuCl_2) = 0,5 - 0,1 = 0,4 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ б})$$

5. Уравнение электролиза хлорида меди (II):



Предположим, что при электролизе разложился весь хлорид меди (II), т.е. 0,4 моль. При этом образуется 0,4 моль хлора. Определим объем газа (н. у.):

$$V(Cl_2) = 0,4 \text{ моль} * 22,4 \text{ л/моль} = 8,96 \text{ л.} \quad (1 \text{ б})$$

Это соответствует условию задачи, значит, другие электролитические процессы (электролиз  $Cu(NO_3)_2$ ,  $H_2O$ ) не происходили. (1 б)



6. Определяем количество вещества и массу веществ, находящихся в растворе после второго электролиза:

$$\nu(\text{HNO}_3) = \nu_1(\text{AgNO}_3) = 0,1 \text{ моль}; \quad (0,5 \text{ б})$$

$$m(\text{HNO}_3) = 0,1 \text{ моль} * 63 \text{ г/моль} = 6,3 \text{ г}; \quad (0,5 \text{ б})$$

$$\nu(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,5\nu_2(\text{AgNO}_3) = 0,1 \text{ моль}; \quad (0,5 \text{ б})$$

$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 188 \text{ г/моль} * 0,1 \text{ моль} = 18,8 \text{ г}. \quad (0,5 \text{ б})$$

7. Рассчитываем массу раствора и массовые доли веществ в нем:

$$m(\text{р-ра}) = 1000 + 500 - m(\text{Ag}) - m(\text{O}_2) - m(\text{AgCl}) - m(\text{Cu}) - m(\text{Cl}_2);$$

$$m(\text{р-ра}) = 1500 - 10,8 - (0,025 * 32) - (0,2 * 143,5) - (0,4 * 64) - (0,4 * 71) = 1405,7 \text{ г} \quad (1 \text{ б})$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = 6,3 / 1405,7 * 100 \% = 0,45 \%; \quad (0,5 \text{ б})$$

$$\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 18,8 / 1405,7 * 100 \% = 1,34 \%. \quad (0,5 \text{ б})$$

### Задача №5

а. Элемент X, который образует соединения во многих степенях окисления, может быть получен в виде простого вещества при прокаливании в электрической печи кальциевой соли, содержащей этот элемент, с коксом и кварцевым песком. Образующиеся при этом пары элемента X конденсируются при пропускании их через воду, образуя реакционноспособную аллотропную модификацию.

б. Наиболее важное из соединений элемента X с водородом образуется при действии X на крепкие растворы щелочей. В этих реакциях данное простое вещество диспропорционирует с образованием соединений в степенях окисления  $-3$  и  $+1$ . Полученное водородное соединение обладает характерным запахом.

в. Простое вещество X сгорает в хлоре, окисляясь до степени окисления  $+3$ , причем образующееся хлорпроизводное гидролизуеться в присутствии следов влаги.

г. Полученное при хлорировании соединение может окисляться при нагревании в атмосфере хлора дальше.

д. Элемент X образует ряд кислородсодержащих кислот, в которых он обладает различными степенями окисления и степенями гидратации оксида X.

е. Ангидрид  $\text{X}_2\text{O}_5$  образуется непосредственно при сгорании простого вещества X, однако ортокислоту получают не при реакции этого оксида с водой, а при взаимодействии кальциевой соли с серной кислотой.

ж. Существует ряд солей (например, натриевых), соответствующих замене одного, двух или трех атомов водорода в ортокислоте на металл. Их водные растворы при равной концентрации солей обладают различной кислотностью (с различными концентрациями в них ионов водорода).

з. Некоторые из соединений элемента X широко используются в сельском хозяйстве в качестве удобрений и промышленность производит их в большом количестве.

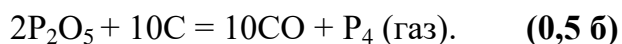
и. От названия элемента X происходит название одного из физико-химических явлений.

Установите, о каком элементе идет речь. Объясните процессы, упомянутые в условиях задачи. Напишите формулы веществ и уравнения реакций, названных в задаче. При ответе на пункт (ж) охарактеризуйте кислотность растворов натриевых солей. В пункте (з) назовите формулы и способы получения некоторых из промышленно важных соединений X. В ответе на последний пункт поясните кратко, в чем заключается упомянутое физико-химическое явление. **(19 баллов)**

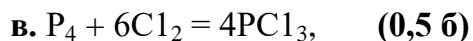
### Решение

а. Фосфор получают прокаливанием фосфорита с песком и углем:

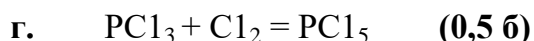
(оценивается либо суммарный, либо пошаговый вариант)



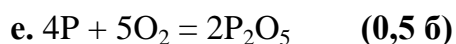
Пары фосфора конденсируются, и расплавленный фосфор кристаллизуется с образованием кристаллической аллотропной  $\alpha$ -модификации белого фосфора.



$\text{PCl}_3$  «дымит» на воздухе, поскольку его пары гидролизуются парами воды с образованием тумана  $\text{H}_3\text{PO}_3$  и  $\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}$ .

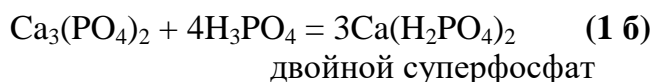


д. Существует ряд кислородсодержащих кислот фосфора:  $\text{H}_3\text{PO}_2$  — фосфорноватистая;  $\text{H}_3\text{PO}_4$  — ортофосфорная;  $\text{H}_3\text{PO}_3$  — ортофосфористая;  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  — дифосфорная (пирофосфорная);  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$  — дифосфористая;  $\text{HPO}_2$  — метафосфористая;  $\text{HPO}_3$  — метафосфорная;  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$  — фосфорноватая. **(8 б — 0,5 за каждую формулу и 0,5 за каждое название)**



слабокислая среда  $\rightarrow$  щелочная среда

з. В качестве удобрений используют простой и двойной суперфосфаты



**и. Фосфоресценция** — явление самопроизвольного свечения вещества, возникающее после прекращения их освещения. Фосфоресценция обусловлена поглощением веществом возбуждающего излучения, она продолжается 'относительно долго после прекращения возбуждения. Следует подчеркнуть, что, хотя термин «фосфоресценция» напоминает название элемента, свечение белого фосфора собственно не является фосфоресценцией. Оно скорее представляет собой хемилюминесценцию — свечение, вызванное химической реакцией медленного окисления фосфора на воздухе в присутствии паров воды. (1 б)

### Задание №6 (химический эксперимент)

Даны водные растворы хлорида железа (III), иодида калия, дихромата калия, серной кислоты и гидроксида калия, фенолфталеин. Осуществите опыты и приведите уравнения всех возможных реакций между этими веществами. Укажите признаки реакций. (12 баллов)

**Решение:**

	Уравнение	Признаки реакций	баллы
1	$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (возможно образование кислой соли)	К раствору щелочи прилить 1-2 капли фенолфталеина. К полученному раствору малинового цвета по каплям добавлять кислоту. Малиновая окраска исчезает	1 балл за уравнение с коэффициентами. 1 балл за описание признаков реакций
2	$\text{FeCl}_3 + 3\text{KOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{KCl}$	К раствору хлорида железа (3) желтого цвета прилить бесцветный раствор гидроксида калия. Образуется бурый (ржавый) осадок, раствор обесцвечивается.	1 балл за уравнение с коэффициентами. 1 балл за описание признаков реакций
3	$2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	К раствору хромата калия желтого цвета прилить раствор серной кислоты. Изменяется цвет раствора с желтого на оранжевый	1 балл за уравнение с коэффициентами. 1 балл за описание признаков реакций
4	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4 + 2\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	К раствору бихромата калия оранжевого	1 балл за уравнение с коэффициентами.

		цвета прилить раствор гидроксида калия. Изменяется цвет раствора с оранжевого на желтый	1 балл за описание признаков реакций
5	$2\text{FeCl}_3 + 2\text{KI} = \text{I}_2 + 2\text{FeCl}_2 + 2\text{KCl}$	К раствору хлорида железа (3) желтого цвета прилить бесцветный раствор иодида калия. Желтая окраска раствора исчезает. Образуется бурый осадок иода, раствор приобретает зеленоватый цвет.	1 балл за уравнение с коэффициентами. 1 балл за описание признаков реакций
6	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{KI} + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{I}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$	К раствору бихромата калия оранжевого цвета прилить раствор иодида калия. Оранжевая окраска раствора исчезает. Образуется бурый осадок иода, цвет раствора меняется на зеленый.	1 балл за уравнение с коэффициентами. 1 балл за описание признаков реакций

#### Оборудование и реактивы:

1. Штатив с пробирками
2. Стеклянная трубка или пипетка для серной кислоты (чтобы ее добавлять к раствору щелочи по каплям)
3. Скрылки с растворами (скрылки с этикетками)
  - 1) раствор хлорида железа (III)
  - 2) раствор иодида калия
  - 3) раствор дихромата калия
  - 4) раствор серной кислоты
  - 5) раствор гидроксида калия
  - 6) раствор фенолфталеина