

Материалы заданий заключительного этапа Всероссийской Сеченовской олимпиады школьников по химии 2024-2025 с ответами на задания, с указанием выставяемых баллов за каждое задание.

8 класс

Вариант 1

Задание 1.1. (10 баллов)

Многие лекарственные вещества представляют собой органические соединения. В состав любого органического вещества входят атомы углерода.

На сегодняшний день, согласно статистике, препарат X находится в числе лидеров продаж российских аптек, так как его применяют при сердечных болях, неврозах. Лекарственной формой данного препарата являются таблетки подъязычные, хотя раньше он также выпускался в виде капель для приёма внутрь.

А. Определите молекулярную формулу лекарственного вещества, представляющего собой органическое соединение, состоящее из трех элементов. Молярная масса лекарственного вещества не больше 300 г/моль. Вещество содержит по массе 13,33% кислорода, 11,67% водорода.

Б. Вычислите молярную массу искомого лекарственного вещества.

В. Рассчитайте во сколько раз число атомов водорода в нём больше числа атомов кислорода.

Г. Вычислите массу атомарного кислорода, содержащегося в 25 таблетках данного препарата, если содержание чистого вещества в одной таблетке составляет 60 мг.

Д. Сколько таблеток в сутки может принять человек, если известно, что максимальная суточная доза данного препарата составляет 0,2 г?

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
А. Вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы вещества. $C : H : O = 75/12 : 11,67/1 : 13,33/16 = 6,25 : 11,67 : 0,833 = 7,5 : 14 : 1 = 15 : 28 : 2$ Молекулярная формула вещества $C_{15}H_{28}O_2$. Без расчетов с указанием итоговой формулы и молярной массы – 0 баллов.	2 балла
Б. Молярная масса искомого лекарственного вещества: $M(C_{15}H_{28}O_2) = 240 \text{ г/моль};$	2 балла
В. Число атомов водорода в 14 раз больше числа атомов кислорода $28/2 = 14$	2 балла
Г. Масса атомарного кислорода, содержащегося в 25 таблетках данного препарата с содержанием активного вещества 60 мг $m(C_{15}H_{28}O_2 \text{ в таблетках}) = 60 \text{ мг} \cdot 25 = 1500 \text{ мг} = 1,5 \text{ г}$ $n(C_{15}H_{28}O_2) = 1,5 / 240 = 0,00625 \text{ моль}$ $n(O) = 2n(C_{15}H_{28}O_2) = 0,0125 \text{ моль}$ $m(O) = n \cdot M = 0,0125 \cdot 16 = 0,2 \text{ г}.$	2 балла
Д. Рассчитано, сколько таблеток в сутки может принять человек $0,2 : 0,06 = 3,33$ Принимаются ответы: 3; 3,3; 3,33; $3\frac{1}{3}$	2 балла
Максимальный балл	10

Задание 2.1. (8 баллов)

Средство «НИКА-ХЛОР» обладает антимикробным действием в отношении грамотрицательных и грамположительных бактерий, оно эффективно в отношении возбудителей особо опасных инфекций (чума, холера, туляремия, легионеллез). Рабочие растворы средства «НИКА-ХЛОР» готовят в пластмассовых, эмалированных или стеклянных емкостях путем растворения необходимого количества средства в водопроводной воде.

Дезинфицирующее средство «НИКА-ХЛОР» содержит в качестве действующего вещества натриевую соль дихлоризоциануровой кислоты (Na-соль ДХИЦК). Выпускается в двух формах: в виде таблеток и гранул. Таблетка весом 3,32 г выделяет при растворении активный хлор. Содержание активного хлора в таблетках 45,5%.

Для проведения дезинфекции вам необходимо приготовить 10,03 кг рабочего раствора этого средства, содержащего 0,30% активного хлора.

Рассчитайте, какой объем воды (в литрах) необходимо взять и какое количество таблеток «НИКА-ХЛОР» растворить для приготовления раствора указанной концентрации.

В противотуберкулёзных диспансерах приготовленным рабочим раствором обрабатываются поверхности в помещениях, жесткая мебель, наружные поверхности приборов, аппаратов, санитарный транспорт.

Поверхности в помещениях протирают ветошью, смоченной в растворе средства, из расчета 150 мл/м². Какую площадь можно обработать приготовленным рабочим раствором, если плотность полученного раствора равна 1,0055 г/см³.

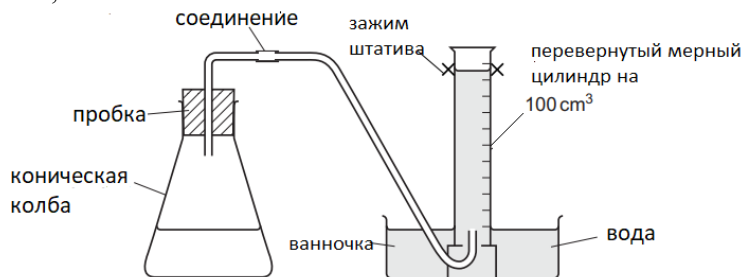
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Находим сколько активного хлора выделяется при растворении 1 таблетки: 3,32-100% X – 45,5% X=1,511 г	1 балл
Находим сколько активного хлора должно содержаться в 10,03 кг раствора. Переведем массу из килограмм в граммы 10030 г раствора и подставим в формулу $m(в-ва)=\omega \cdot m(р-ра)=0,003 \cdot 10030=30,1$ г	2 балла
Находим количество таблеток $30,1:1,511=20$	1 балл
Находим массу воды, которую необходимо взять $m=10030-30,1=10\ 000$ г Плотность воды 1 г/мл Объем воды равен $V=m: \rho=10000$ г: 1 г/мл =10000 мл=10 л	2 балла
Объем полученного раствора равен 10030:1,0055=9975 г/мл $150\text{ мл} \cdot 1\text{ м}^2$ 9975-х X=66,5 м ²	2 балла
Максимальный балл	8

Задание 3.1. Экспериментальная задача (14 баллов)

Юный исследователь изучал скорость реакции между избытком **магния** и двумя разными разбавленными растворами кислот **X** и **Y**. Он провел два опыта.

Аппарат был собран так, как показано на схеме.



С помощью мерного цилиндра он налил в коническую колбу разбавленную кислоту **X** объемом 50 см^3 . Далее в коническую колбу он добавил $0,5\text{ г}$ магниевой ленты и закрыл пробкой.

Сразу после этого он запустил таймер и измерял объем газа, который собирался в мерном цилиндре, каждые 30 секунд в течение трех минут.

Опыт 1

Время, сек	0	30	60	90	120	150	180
Показатели мерного цилиндра							

А. В ответе на задание нарисуйте таблицу в чистовике (см. таблицу ниже) и внесите в нее показатели общего объема собранного газа, полученные юным исследователем, используя показатели мерного цилиндра (2 балла)

Время, с	0	30	60	90	120	150	180
Общий объем собранного газа							

Опыт 2

Опыт 1 был повторен с использованием 50 см^3 разбавленной кислоты **Y**.

Время, сек	0	30	60	90	120	150	180
Показатели мерного цилиндра							

Б. В ответе на задание нарисуйте таблицу в чистовике (см. таблицу ниже) и внесите в нее показатели общего объема собранного газа, полученные юным исследователем, используя показатели мерного цилиндра (2 балла)

Время, с	0	30	60	90	120	150	180
Общий объем собранного газа							

В. Используя результаты обоих опытов, постройте график зависимости объема выделившегося газа от времени. Для каждой зависимости нарисуйте плавный линейный график. Четко укажите, какая линия представляет опыт 1, а какая линия – опыт 2 (2 балла).

Г. Укажите, в каком опыте скорость реакции была выше, и предположите, почему скорость была выше в этом эксперименте (2 балла).

Д. Используя построенный график, определите время, необходимое для сбора 25 см^3 газа в опыте 1. На графике наглядно покажите, как вы получили ответ. (3 балла)

Е. Скорость этой реакции можно рассчитать, используя:

$$\text{Скорость} = \frac{\text{объем, выделившегося газа, см}^3}{\text{время, за которое выделился данный объем, сек}}$$

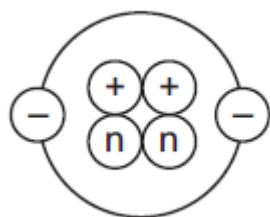
Для эксперимента с более высокой скоростью рассчитайте скорость реакции за первые 30 секунд реакции, укажите единицу измерения. (3 балла)

РЕШЕНИЕ 3.1

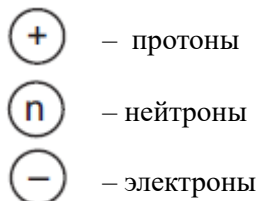
А.								2 балла
Время, с	0	30	60	90	120	150	180	
Общий объем собранного газа	0	13	22	30	36	43	49	
Б.								2 балла
Время, с	0	30	60	90	120	150	180	
Общий объем собранного газа	0	5	10	13	17	20	23	
В. Правильно представлены 2 графика зависимостей								2 балла
Г. Скорость реакции выше в первом эксперименте, так как взяли более сильную кислоту. Принимается и другое объяснение, не противоречащее теоретическим закономерностям. Если верно указан номер опыта, без объяснения – 1 балл								2 балла
Д. 72 секунды								3 балла
Е. 0,43 см ³ /с								3 балла
Максимальный балл								14 баллов

Задание 4.1. (8 баллов)

На рисунке показана схема строения атома. По схеме, представленной на рисунке, определите химический элемент. Используя символику рисунка, нарисуйте один из его возможных изотопов.



Обозначения:



Изотопы в медицине используются в ядерной медицине для диагностики и лечения различных заболеваний. Для диагностики в кровь, в дыхательные пути, пищеварительный тракт вводятся радиоактивные изотопы — вещества, обладающие свойством радиоактивного излучения. Изотопы находятся в смеси с веществами, которые накапливаются преимущественно в том или другом органе.

Определите атомную массу и число нейтронов радиоактивного изотопа йода, препарат которого ввели пациенту с больной поджелудочной железой. Известно, что массовая доля радиоактивного изотопа йода в образце смеси, состоящей из двух изотопов йода, составила 80%, массовая доля изотопа ¹²⁷I, соответственно, составила 20%. Средняя относительная атомная масса йода в смеси изотопов равна 130,2. Ответы подтвердите расчетами.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Химический элемент – He	2
Рисунок изотопа, например: 	2
Атомная масса радиоактивного йода $130,2 = 0,2 \cdot 127 + 0,8x$ $x = 131$ Ответ без расчета – 0.	2
Число нейтронов равно $131 - 53 = 78$	2
Максимальный балл	8

Задание 5.1. (8 баллов)

Газовая смесь, состоящая из оксида азота (II) и азота применяется в кардиологии, интенсивной терапии, неонатологии, хирургии, например, для расширения кровеносных сосудов при ишемической болезни.

Вычислите массу смеси, состоящей из 44,8 л азота, 11,2 л оксида азота (II) при н.у. Рассчитайте объемные доли газов и плотность данной смеси.

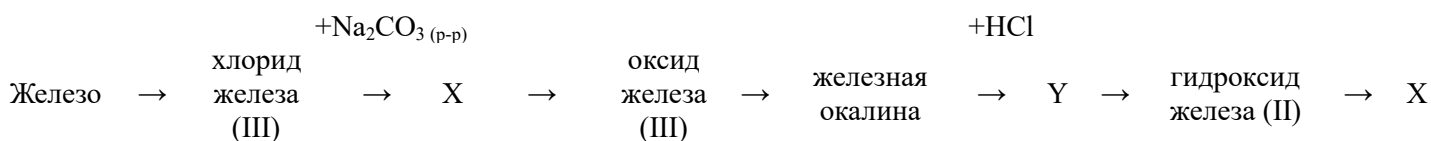
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Находим количество азота и оксида азота (II): $n(\text{N}_2)=44,8:22,4=2$ моль $n(\text{NO})=11,2:22,4=0,5$ моль	2
Находим массы газов $m(\text{N}_2)=n \cdot M(\text{N}_2)=2 \cdot 28=56$ г $m(\text{NO})=n \cdot M(\text{NO})=0,5 \cdot 30=15$ г $m \text{ смеси } =56+15=71$ г	2
Находим объемную долю каждого газа $\varphi(\text{N}_2)=V(\text{N}_2):V_{\text{смеси}}=44,8:(44,8+11,2)=44,8:56=0,8$ или 80% $\varphi(\text{NO})=V(\text{NO}):V_{\text{смеси}}=11,2:(44,8+11,2)=11,2:56=0,2$ или 20%	2
Абсолютную плотность находим по формуле: $\rho = \frac{M_{\text{ср}}}{22,4}$ Находим среднюю молярную массу для смеси газов $M_{\text{ср}} = \varphi(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2) + \varphi(\text{NO}) \cdot M(\text{NO}) = 0,8 \cdot 28 + 0,2 \cdot 30 = 28,4$ $\rho = \frac{M_{\text{ср}}}{22,4} = \frac{28,4}{22,4} = 1,27$ г/л	2
Максимальный балл	8

Задание 6.1. (14 баллов)

Железо в виде различных соединений весьма распространено в природе, в том числе и в пищевых продуктах. Ионы железа участвуют во многих важных биохимических процессах в организме человека, например, в транспорте кислорода.

Напишите уравнения химических реакций согласно цепочке превращений.

**РЕШЕНИЕ**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$	2
$2\text{FeCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2 + 6\text{NaCl}$	2
$2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe} = \text{Fe}_3\text{O}_4$ или с другим восстановителем	2
$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + 2\text{FeCl}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{FeCl}_2 + 2\text{KOH} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{KCl}$	2
$2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Fe}(\text{OH})_3$ или $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$	2
Максимальный балл	14

Задание 7.1 (12 баллов)

Юный исследователь получил задание определить наличие в растворе ионов. Ему было известно, что кто-то растворил в воде две соли, одна из которых хлорид магния, а вторая соль образована той же кислотой, что и первая, и неизвестным однозарядным катионом, число электронов в котором равно числу электронов в анионе этой соли.

В лаборатории исследователя имелись следующие реактивы: оксид меди (II), соляная кислота, плавиковая кислота, серная кислота, карбонат натрия, нитрат серебра, сульфат натрия.

А. Наличие каких ионов смог определить исследователь? Напишите все уравнения и признаки реакций, которые использовал исследователь при анализе.

Б. Наличие каких ионов(а) не смог определить исследователь? Напишите электронную конфигурацию этих(ого) ионов(а).

Юный исследователь решил схематически изобразить соли в виде диаграмм ионов, присутствующих в растворе (рис.1), но допустил ошибки в схеме ионов и не указал заряды.

В. Нарисуйте **правильные** диаграммы всех солей в виде ионов, присутствующих в растворе с указанием их зарядов как показано на схеме рис.1.

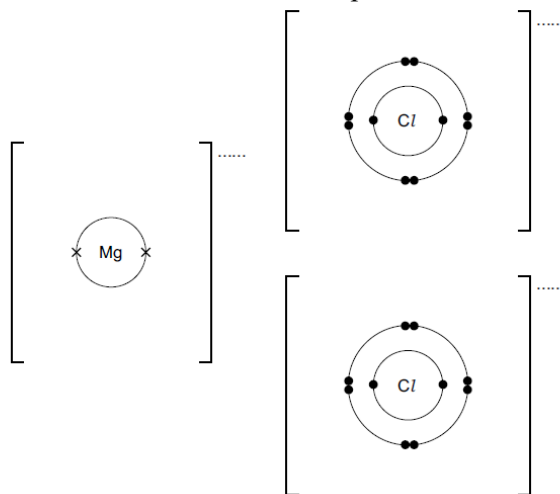


Рис. 1 Диаграмма хлорида магния в виде ионов

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
A1. Исследователь смог определить наличие ионов магния и хлорид-ионов	1
A2. $\text{MgCl}_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaCl} + \text{MgCO}_3$ MgCO₃ – белый осадок $\text{MgCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}$ AgCl – белый творожистый осадок $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{KNO}_3 + \text{AgCl}$	3
B1. исследователь не смог определить наличие ионов калия	1
B2. $\text{K}^+ \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	2
В. Представлены диаграммы двух солей в виде ионов. За каждое правильное схематическое изображение соли в виде ионов по 2 балла В диаграмме указаны заряды: у магния «2+», у каждого хлорид-иона «-» У иона магния изменения - два слоя (круга) с «шариками-электронами» - на первом 2 электрона, на втором 8 электронов, на третьем нет электронов (изображено двумя крестиками). У хлорид - ионов – три слоя (круга) с «шариками-электронами» - на первом 2 электрона, на втором 8 электрона, на третьем 8. Возле магния два таких хлорид- иона. У ионов калия – три слоя (круга) с «шариками-электронами» - на первом 2 электрона, на втором 8 электрона, на третьем 8, на четвертом слое нет электронов (изображено одним крестиком). Возле калия один хлорид ион.	5
Максимальный балл	12

Задание 8.1 (8 баллов)

К 306 г раствора, содержащему одинаковое количество двух солей, указанных в задаче 7, прилили раствор фторида натрия, при этом выпал осадок, содержащий 38 г атомов фтора. Найдите массовую долю хлорид ионов в исходном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Соли, указанные в предыдущей задаче: MgCl_2 и KCl $\text{MgCl}_2 + 2\text{NaF} = 2\text{NaCl} + \text{MgF}_2$ $n(\text{F}) = 38 : 19 = 2$ моль $n(\text{CaF}_2) = n(\text{F}) / 2 = 2 / 2 = 1$ моль	3
$n(\text{MgCl}_2) = n(\text{MgF}_2) = 1$ моль, тогда $n_1(\text{Cl}^-) = 2n(\text{MgCl}_2) = 2$ моль $n(\text{KCl}) = n(\text{MgCl}_2) = 1$ моль, тогда $n_2(\text{Cl}^-) = n(\text{KCl}) = 1$ моль $n_{\text{общ}}(\text{Cl}^-) = 2 + 1 = 3$ моль	3
$m(\text{Cl}^-) = 3 \cdot 35.5 = 106,5$ г $\omega = 106,5 / 306 = 0,348$ или 34,8 % или 35%	2
Максимальный балл	8

Задание 9.1. (12 баллов)

Перепишите следующий абзац в чистовик, дополнив текст пропущенными словами или цифрами:

Цинк – элемент _____ (какой) подгруппы _____ (укажите номер) группы, _____ (укажите номер) периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером _____.

Цинк относится к тяжелым металлам, его название в дословном переводе с латыни (zincum) означает «белый налет». Цинк является важным элементом для существования живых организмов. Его среднее совокупное содержание в тканях организма человека составляет около 2–3 г, преимущественно в связанном с белками виде. Среди микроэлементов цинк занимает второе после железа место по своей массовой доле в организме человека.

Цинк применяется в медицине в виде препаратов цинка сульфата (например, Цинктерал, Цинкит и т. д.) и цинка глюконата для перорального приема. Более широкое применение нашли наружные препараты цинка оксида, сульфата, и т. д. как в монотерапии, так и в комбинации с антибиотиками (пример — лосьон Зинерит). Оксид цинка обладает противовоспалительным, подсушивающим, адсорбирующим, вяжущим и антисептическим свойствами.

При восстановлении углем 29,58 кг смеси, состоящей из оксида цинка и карбоната цинка, было получено 15,6 кг цинка с выходом 80%. Какую массу сульфата цинка можно получить, если весь цинк обработали 211,425 л 10%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,0661 г/мл). Определите, какова массовая доля оксида цинка в первоначальной смеси.

РЕШЕНИЕ 9.1.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Дополнения в тексте Цинк – элемент <u>побочной (или Б) (какой) подгруппы II (или 2) (укажите номер) группы, четвертого (или цифрой 4) (укажите номер) периода</u> периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером <u>30</u>. Если все дополнения верны – 2 балла, если допущена ошибка – 0 баллов.	2
$ZnO + C = Zn + CO$ $ZnCO_3 + 2C = Zn + 3CO$ Переведем кг в граммы, литры в мл Пусть x моль – оксид цинка, y моль – карбонат цинка, тогда $M(ZnO) \cdot x + M(ZnCO_3) \cdot y = 29580$ $m(теор) = 15600 : 0,8 = 19500 \text{ г}$ $n(Zn) = 19500 : 65 = 300 \text{ моль}$ Тогда количество цинка по 1 уравнению – x, количество цинка по 2 уравнению реакции – y, значит, $x + y = 300$ Решаем систему уравнений $81x + 125y = 29580$ $x + y = 300$ $y = 120 \text{ моль, } x = 180 \text{ моль}$ $m(ZnO) = M(ZnO) \cdot n(Zn) = 81 \cdot 180 = 14580 \text{ г или } 14,58 \text{ кг}$ $\omega(ZnO) = 14,58 / 29,58 = 0,4929 \text{ или } 49,3\%$ Уравнения верны – 2 балла Решена система уравнений верно – 1 балл Найдена массовая доля – 1 балл Если все логически верно, но допущена ошибка в расчете снимается 1 балл.	5
$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ Находим массу раствора серной кислоты $m(p-p) = V \cdot \rho = 211 \text{ л} \cdot 1,0661 = 225400 \text{ г}$ $m(в-ва) = 0,1 \cdot 225400 = 22540 \text{ г}$ $n(кислоты) = 22540 : 98 = 230 \text{ моль}$ $n(Zn) = 15600 : 65 = 240 \text{ моль}$ кислота в недостатке задачу решаем по недостатку $n(ZnSO_4) = n(кислоты) = 230 \text{ моль}$ $m(ZnSO_4) = 230 \cdot 161 = 37030 \text{ г или } 37,03 \text{ кг}$ Уравнение верное – 1 балла Решен вопрос об избытке и недостатке – 1 балл Найдена искомая масса – 1 балл Если все логически верно, но допущена ошибка в расчете, снимается 1 балл.	5
Максимальный балл	12

Задание 10.1. (6 баллов)

Жжёная магнезия, глауберова соль и английская соль играют важную роль в различных областях, включая медицину, фармацевтику и промышленность. Жжёная магнезия в сочетании с глауберовой и английской солью, создает эффективный комплекс для лечения различных заболеваний. Глауберова соль, обладая послабляющими свойствами, и жжёная магнезия, которая используется для нейтрализации кислотности и улучшения пищеварения, вместе могут оказывать положительное влияние на здоровье, способствуя нормализации обмена веществ и поддержанию кислотно-щелочного баланса в организме. Английская соль поддерживает нормальную работу пищеварительной системы.

В лаборатории есть три пробирки без этикеток со жжёной магнезией, глауберовой солью и английской солью. Предложите план их определения. Напишите формулы жжёной магнезии, глауберовой соли и английской соли и уравнения реакций для их идентификации.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Глауберова соль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	1 балл
Английская соль $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1балл
Жжёная магнезия MgO	1балл
Сначала попробовать растворить в воде Соли хорошо растворяются в воде, оксид магния малорастворим, но при нагревании прореагирует с водой и даст белый осадок. В оставшиеся две пробирки добавляем щелочь, в одной из них выпадет белый осадок $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Значит, там была английская соль. В оставшейся пробирке – глауберова соль. Подтвердим наличие сульфатов взаимодействием с растворимой солью бария $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O}(\text{горяч}) = \text{Mg}(\text{OH})_2$ $\text{MgSO}_4 + 2\text{KOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$ $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$	3 балла
Максимальный балл	6

Материалы заданий заключительного этапа Всероссийской Сеченовской олимпиады школьников по химии 2024-2025 с ответами на задания, с указанием выставяемых баллов за каждое задание.

8 класс

Вариант 2

Задание 1.2. (10 баллов)

Многие лекарственные вещества представляют собой органические соединения. В состав любого органического вещества входят атомы углерода. Лекарственной формой препарата, обладающего анальгезирующим и жаропонижающим действием, являются как таблетки, так и капсулы, суспензии, мази и гели.

А. Определите молекулярную формулу лекарственного вещества, представляющего собой органическое соединение, состоящее из трех элементов. Известно, что его молярная масса не больше 300 г/моль, и оно содержит по массе 15,53% кислорода, 8,74% водорода.

Б. Вычислите молярную массу искомого лекарственного вещества.

В. Рассчитайте во сколько раз число атомов водорода в нём больше числа атомов кислорода.

Г. Вычислите массу атомарного кислорода, содержащегося в 20 таблетках данного препарата, если содержание чистого вещества в одной таблетке составляет 200 мг.

Д. Сколько таблеток в сутки может принять подросток 14 лет, если известно, что максимальная суточная доза данного препарата для детей старше 12 лет в первые сутки составляет 1 г?

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
А. Найдена массовая доля углерода $100 - 8,74 - 15,53 = 75,73\%$ $C : H : O = 75,73/12 : 8,74/1 : 15,53/16 = 6,31 : 8,74 : 0,97 = 6,5 : 9 : 1 = 13 : 18 : 2$ Молекулярная формула вещества $C_{13}H_{18}O_2$. Без расчетов с указанием итоговой формулы и молярной массы – 0 баллов.	2 балла
Б. Молярная масса искомого лекарственного вещества: $M(C_{13}H_{18}O_2) = 206 \text{ г/моль};$	2 балла
В. Число атомов водорода в 9 раз больше числа атомов кислорода $n(H) = 8,74 \text{ моль}$ $n(O) = 0,97 \text{ моль}$ $\frac{8,74}{0,97} = 9$	2 балла
Г. 0,64 гр. атомарного кислорода содержится в 20 таблетках препарата с содержанием активного вещества 200 мг. $m(C_{13}H_{18}O_2 \text{ в таблетках}) = 200 \text{ мг} \cdot 20 = 4000 \text{ мг} = 4 \text{ гр}$ $n(C_{13}H_{18}O_2) = \frac{4000}{206} = 0,02 \text{ моль}$ $n(O) = 2n(C_{13}H_{18}O_2) = 0,04 \text{ моль}$ $m(O) = n \cdot M = 0,04 \cdot 16 = 0,64 \text{ гр.}$	2 балла
Рассчитано число таблеток в сутки, которое может принять подросток 14 лет: $1000 : 200 = 5$	2 балла
Максимальный балл	10

Задание 2.2. (8 баллов)

Средство «НИКА-ХЛОР» обладает антимикробным действием в отношении грамотрицательных и грамположительных бактерий, оно эффективно в отношении возбудителей особо опасных инфекций (чума, холера, туляремия, легионеллез). Рабочие растворы средства «НИКА-ХЛОР» готовят в пластмассовых, эмалированных или стеклянных емкостях путем растворения необходимого количества средства в водопроводной воде.

Дезинфицирующее средство «НИКА-ХЛОР» содержит в качестве действующего вещества натриевую соль дихлоризоциануровой кислоты (Na-соль ДХИЦК). Выпускается в двух формах: в виде таблеток и гранул. Таблетка весом 3,32 г, выделяет при растворении активный хлор. Содержание активного хлора в таблетках 45,5%.

Для проведения дезинфекции необходимо приготовить 10,021 кг рабочего раствора этого средства, содержащего 0,21% активного хлора.

Рассчитайте, какой объем воды (в литрах) необходимо взять и какое количество таблеток «НИКА-ХЛОР» растворить для приготовления раствора указанной концентрации.

В противотуберкулёзных диспансерах приготовленным рабочим раствором обрабатываются поверхности в помещениях, наружные поверхности приборов, аппаратов, санитарный транспорт.

Поверхности протирают ветошью, смоченной в растворе средства из расчета 150 мл/м². Какую площадь пола можно обработать приготовленным рабочим раствором, если плотность полученного вами раствора равна 1,012 г/см³.

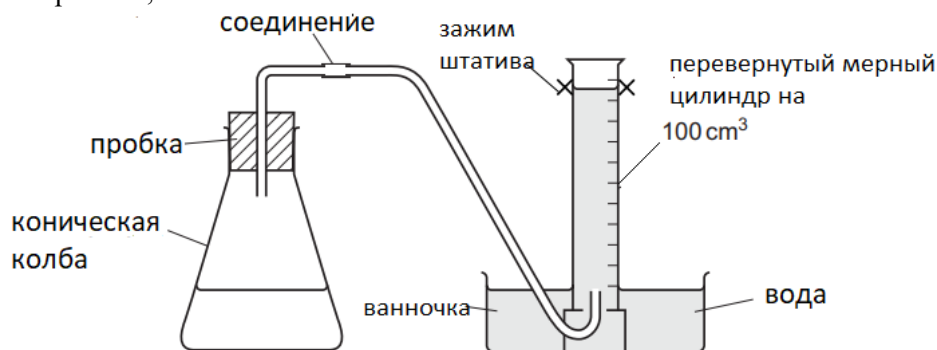
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Находим сколько активного хлора выделяется при растворении 1 таблетки: 3,32-100% X – 45,5% X=1,511 г	1 балл
Находим сколько активного хлора должно содержаться в 10,021 кг раствора. Переведем массу из килограмм в граммы 10021 г раствора и подставим в формулу $m(\text{в-ва}) = \omega \cdot m(\text{р-ра}) = 0,003 \cdot 10021 = 21 \text{ г}$	2 балла
Находим количество таблеток $21:1,51=13,9$ округляем до 14	1 балл
Находим массу воды, которую необходимо взять $m = 10021 - 21 = 10\,000 \text{ г}$ Плотность воды 1 г/мл Объем воды равен $V = m: \rho = 10000 \text{ г}: 1 \text{ г/мл} = 10000 \text{ мл} = 10 \text{ л}$	2 балла
Объем полученного раствора равен 10030:1,012=9902 г/мл $150 \text{ мл} \cdot 1 \text{ м}^2$ 9902-х X=66 м ²	2 балла
Максимальный балл	8

Задание 3.2. Экспериментальная задача (14 баллов)

Юный исследователь изучал скорость реакции между избытком **цинка** и двумя разными разбавленными растворами кислот **X** и **Y**. Он провел два опыта.

Аппарат был собран так, как показано на схеме.



С помощью мерного цилиндра он налил в коническую колбу разбавленную кислоту **X** объемом 50 см³. Далее в коническую колбу он добавил 0,5 г цинкового порошка и закрыл пробкой.

Сразу после этого он запустил таймер и измерял объем газа, который собирался в мерном цилиндре, каждые 30 секунд в течение трех минут.

Опыт 1

Время, сек	0	30	60	90	120	150	180
Показатели мерного цилиндра							

А. В ответе на задание нарисуйте таблицу в чистовике (см. таблицу ниже) и внесите в нее показатели общего объема собранного газа, полученные юным исследователем, используя показатели мерного цилиндра (2 балла)

Время, с	0	30	60	90	120	150	180
Общий объем собранного газа							

Опыт 2

Опыт 1 был повторен с использованием 50 см³ разбавленной кислоты **Y**.

Время, сек	0	30	60	90	120	150	180
Показатели мерного цилиндра							

Б. В ответе на задание нарисуйте таблицу в чистовике (см. таблицу ниже) и внесите в нее показатели общего объема собранного газа, полученные юным исследователем, используя показатели мерного цилиндра (2 балла)

Время, с	0	30	60	90	120	150	180
Общий объем собранного газа							

В. Используя результаты обоих опытов, постройте график зависимости объема выделившегося газа от времени. Для каждой зависимости нарисуйте плавный линейный график. Четко укажите, какая линия представляет опыт 1, а какая линия – опыт 2 (2 балла).

Г. Укажите, в каком опыте скорость реакции была ниже, и предположите, почему скорость была ниже в этом эксперименте (2 балла).

Д. Используя построенный график, определите время, необходимое для сбора 18 см³ газа в опыте 1. На графике наглядно покажите, как вы получили ответ. (3 балла)

Е. Скорость этой реакции можно рассчитать, используя:

$$\text{Скорость} = \frac{\text{объем, выделившегося газа, см}^3}{\text{время, за которое выделился данный объем, сек}}$$

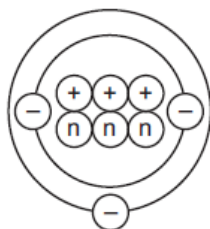
Для эксперимента с более низкой скоростью рассчитайте скорость реакции за первые 30 секунд реакции, укажите единицу измерения. (3 балла)

РЕШЕНИЕ 3.2

А.								2 балла
Время, с	0	30	60	90	120	150	180	
Общий объем собранного газа	0	5	10	13	17	20	23	
Б.								2 балла
Время, с	0	30	60	90	120	150	180	
Общий объем собранного газа	0	13	22	30	36	43	49	
В. Правильно представлены 2 графика зависимостей								2 балла
Г. Скорость реакции ниже в первом эксперименте, так как взяли менее сильную кислоту. Принимается и другое объяснение, не противоречащее теоретическим закономерностям. Если верно указан номер опыта, без объяснения – 1 балл								2 балла
Д. 132 секунды								3 балла
Е. 0,17 см ³ /с								3 балла
Максимальный балл								14 баллов

Задание 4.2. (8 баллов)

На рисунке показана схема строения атома. По схеме, представленной на рисунке, определите химический элемент. Используя символику рисунка, нарисуйте один из его возможных изотопов.



Обозначения:



– протоны



– нейтроны

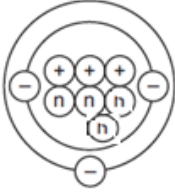


– электроны

Изотопы в медицине используются в ядерной медицине для диагностики и лечения различных заболеваний. Для диагностики в кровь, в дыхательные пути, пищеварительный тракт вводятся радиоактивные изотопы — вещества, обладающие свойством радиоактивного излучения. Изотопы находятся в смеси с веществами, которые накапливаются преимущественно в том или другом органе.

Определите атомную массу и число нейтронов радиоактивного изотопа йода, препарат которого ввели пациенту с больной поджелудочной железой. Известно, что массовая доля радиоактивного изотопа йода в образце смеси, состоящей из двух изотопов йода, составила 60%, массовая доля изотопа ¹²⁷I, соответственно, составила 40%. Средняя относительная атомная масса йода в смеси изотопов равна 129,4. Ответы подтвердите расчетами.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Определен химический элемент – Li	2
Дан рисунок изотопа, например, 	2
Определена атомная масса радиоактивного йода $129,4 = 0,4 \cdot 127 + 0,6x$ $x = 131$ Ответ без расчета – 0.	2
Число нейтронов равно $131 - 53 = 78$	2
Максимальный балл	8

Задание 5.2. (8 баллов)

Газовая смесь, состоящая из оксида азота (II) и азота применяется в кардиологии, интенсивной терапии, неонатологии, хирургии, например, для расширения кровеносных сосудов при ишемической болезни.

Вычислите массу смеси, состоящей из 11,2 л азота, 44,8 л оксида азота (II) при н.у. Рассчитайте объемные доли газов и плотность данной смеси.

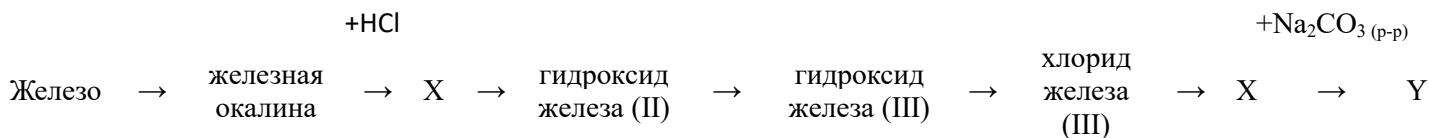
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Находим количество азота и оксида азота (II): $n(\text{N}_2)=11,2:22,4=0,5$ моль $n(\text{NO})=44,8:22,4=2$ моль	2
Находим массы газов: $m(\text{N}_2)=n \cdot M(\text{N}_2)=0,5 \cdot 28=14$ г $m(\text{NO})=n \cdot M(\text{NO})=2 \cdot 30=60$ г $m \text{ смеси } =60+14=74$ г	2
Находим объемную долю каждого газа: $\varphi(\text{N}_2)=V(\text{N}_2):V_{\text{смеси}}=11,2:(44,8+11,2)=11,2:56=0,2$ или 20% $\varphi(\text{NO})=V(\text{NO}):V_{\text{смеси}}=44,8:(44,8+11,2)=44,8:56=0,8$ или 80%	2
Абсолютную плотность находим по формуле: $\rho=\frac{M_{\text{ср}}}{22,4}$ Находим среднюю молярную массу для смеси газов $M_{\text{ср}}=\varphi(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2)+\varphi(\text{NO}) \cdot M(\text{NO})=0,2 \cdot 28+0,8 \cdot 30=29,6$ $\rho=\frac{M_{\text{ср}}}{22,4}=\frac{29,6}{22,4}=1,32$ г/л	2
Максимальный балл	8

Задание 6.2. (14 баллов)

Железо в виде различных соединений весьма распространено в природе, в том числе и в пищевых продуктах. Ионы железа участвуют во многих важных биохимических процессах в организме человека, например, в транспорте кислорода.

Напишите уравнения химических реакций согласно цепочке превращений.

**РЕШЕНИЕ**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$3\text{Fe}+2\text{O}_2=\text{Fe}_3\text{O}_4$	2
$\text{Fe}_3\text{O}_4+8\text{HCl}=\text{FeCl}_2+2\text{FeCl}_3+4\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{FeCl}_2+2\text{KOH}=\text{Fe}(\text{OH})_2+2\text{KCl}$	2
$2\text{Fe}(\text{OH})_2+\text{H}_2\text{O}_2=2\text{Fe}(\text{OH})_3$ или $4\text{Fe}(\text{OH})_2+2\text{H}_2\text{O}+\text{O}_2=4\text{Fe}(\text{OH})_3$	2
$\text{Fe}(\text{OH})_3+3\text{HCl}=\text{FeCl}_3+3\text{H}_2\text{O}$	2
$2\text{FeCl}_3+\text{Fe}=3\text{FeCl}_2$	2
$\text{FeCl}_2+\text{Na}_2\text{CO}_3=\text{FeCO}_3+2\text{NaCl}$	2
Максимальный балл	14

Задание 7.2. (12 баллов)

Юный исследователь получил задание определить наличие в растворе ионов. Ему было известно, что кто-то растворил в воде две соли, одна из которых хлорид кальция, а вторая соль образована той же кислотой, что и первая, и неизвестным однозарядным катионом, число электронов в котором равно числу электронов в анионе этой соли.

В лаборатории исследователя имелись следующие реактивы: оксид меди (II), соляная кислота, плавиковая кислота, сернистая кислота, карбонат натрия, нитрат серебра, нитрат натрия.

А. Наличие каких ионов смог определить исследователь? Напишите все уравнения и признаки реакций, которые использовал исследователь при анализе.

Б. Наличие каких ионов(а) не смог определить исследователь? Напишите электронную конфигурацию этих(ого) ионов(а).

Юный исследователь решил схематически изобразить соли в виде диаграмм ионов, присутствующих в растворе (рис.1), но допустил ошибки в схеме ионов и не указал заряды.

В. Нарисуйте **правильные** диаграммы всех солей в виде ионов, присутствующих в растворе с указанием их зарядов как показано на схеме рис.1.

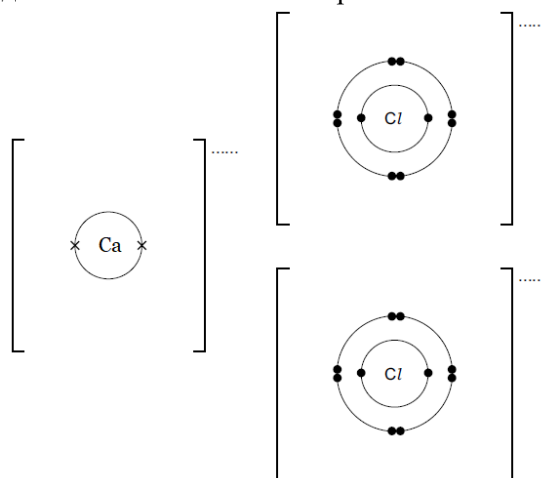


Рис. 1 Диаграмма хлорида кальция в виде ионов

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
А1. Исследователь смог определить наличие ионов кальция и хлорид-ионов	1
А2. $\text{CaCl}_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaCl} + \text{CaCO}_3$ CaCO₃ – белый осадок $\text{CaCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}$ AgCl – белый творожистый осадок $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{KNO}_3 + \text{AgCl}$	3
Б1. исследователь не смог определить наличие ионов калия	1
Б2. $\text{K}^+ \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	2
В. Представлены диаграммы двух солей в виде ионов. За каждое правильное схематическое изображение соли в виде ионов по 2 балла В диаграмме указаны заряды: у магния «2+», у каждого хлорид-иона «-» У иона кальция изменения - три слоя (круга) с «шариками-электронами» - на первом 2 электрона, на втором 8 электронов, на третьем-8, на четвертом - нет электронов (изображено двумя крестиками). У хлорид - ионов – три слоя (круга) с «шариками-электронами» - на первом 2 электрона, на втором 8 электронов, на третьем 8. Возле кальция два таких хлорид- иона. У ионов калия – три слоя (круга) с «шариками-электронами» - на первом 2 электрона, на втором 8 электронов, на третьем 8, на четвертом слое нет электронов (изображено одним крестиком). Возле калия один хлорид ион.	5
Максимальный балл	12

Задание 8.2 (8 баллов)

К 930 г раствора, содержащего одинаковое количество двух солей, указанных в задаче 7, прилили раствор фторида натрия, при этом выпал осадок, содержащий 76 г атомов фтора. Найдите массовую долю хлорид ионов в исходном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Соли, указанные в предыдущей задаче: CaCl_2 и KCl $\text{CaCl}_2 + 2\text{NaF} = 2\text{NaCl} + \text{CaF}_2$ $n(\text{F}) = 76 : 19 = 4$ моль $n(\text{CaF}_2) = n(\text{F}) / 2 = 4 / 2 = 2$ моль	3
$n(\text{CaCl}_2) = n(\text{CaF}_2) = 2$ моль, тогда $n_1(\text{Cl}^-) = n(\text{CaCl}_2) = 4$ моль $n(\text{KCl}) = n(\text{CaCl}_2) = 2$ моль, тогда $n_2(\text{Cl}^-) = n(\text{KCl}) = 2$ моль $n_{\text{общ}}(\text{Cl}^-) = 4 + 2 = 6$ моль	3
$m(\text{Cl}^-) = 6 \cdot 35.5 = 213$ г $\omega = 213 / 930 = 0,229$ или 22.9 % или 23%	2
Максимальный балл	8

Задание 9.2. (12 баллов)

Перепишите следующий абзац в чистовик, дополнив текст пропущенными словами или цифрами:

Цинк – элемент _____ (какой) подгруппы _____ (укажите номер) группы, _____ (укажите номер) периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером _____.

Цинк относится к категории тяжелых металлов, его название в дословном переводе с латыни (zincum) означает «белый налет». Цинк является важным элементом для существования живых организмов. Его среднее совокупное содержание в тканях организма человека составляет около 2–3 г, преимущественно в связанном с белками виде. Среди микроэлементов цинк занимает второе после железа место по своей массовой доле в организме человека.

Цинк применяется в медицине в виде препаратов цинка сульфата (например, Цинктерал, Цинкит и т. д.) и цинка глюконата для перорального приема. Более широкое применение нашли наружные препараты цинка оксида, сульфата, и т. д. как в монотерапии, так и в комбинации с антибиотиками (пример — лосьон Зинерит). Оксид цинка обладает противовоспалительным, подсушивающим, адсорбирующим, вяжущим и антисептическим свойствами.

При восстановлении углем 18,4 кг смеси, состоящей из оксида цинка и карбоната цинка, было получено 10,4 кг цинка с выходом 80%. Какую массу сульфата цинка можно получить, если весь цинк обработали 137,886 л 10%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,0661 г/мл). Определите, какова массовая доля оксида цинка в первоначальной смеси.

РЕШЕНИЕ 9.2.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Дополнения в тексте Цинк – элемент <u>побочной (или Б) (какой) подгруппы II (или 2) (укажите номер) группы, четвертого (или цифрой 4) (укажите номер) периода</u> периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером <u>30</u>. Если все дополнения верны – 2 балла, если допущена ошибка – 0 баллов.	2
$ZnO + C = Zn + CO$ $ZnCO_3 + 2C = Zn + 3CO$ Переведем кг в граммы, литры в мл Пусть x моль – оксид цинка, y моль – карбонат цинка, тогда $M(ZnO) \cdot x + M(ZnCO_3) \cdot y = 18400$ $m(теор) = 10400 : 0,8 = 13000$ г $n(Zn) = 13000 : 65 = 200$ моль Тогда количество цинка по 1 уравнению – x, количество цинка по 2 уравнению реакции – y, значит, $x + y = 200$ Решаем систему уравнений $81x + 125y = 18400$ $x + y = 200$ $y = 50$ моль, $x = 150$ моль $m(ZnO) = M(ZnO) \cdot n(Zn) = 81 \cdot 150 = 12150$ г или 12,15 кг $\omega(ZnO) = 12,15 / 18,4 = 0,66$ или 66% Уравнения верны – 2 балла Решена система уравнений верно – 1 балл Найдена массовая доля – 1 балл Если все логически верно, но допущена ошибка в расчете снимается 1 балл.	5
$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ Находим массу раствора серной кислоты $m(p-p) = V \cdot \rho = 137886 \cdot 1,0661 = 147000$ г $m(в-ва) = 0,1 \cdot 147000 = 14700$ г $n(кислоты) = 14700 : 98 = 150$ моль $n(Zn) = 10400 : 65 = 160$ моль кислота в недостатке задачу решаем по недостатку $n(ZnSO_4) = n(кислоты) = 150$ моль $m(ZnSO_4) = 150 \cdot 161 = 24150$ г или 24,15 кг Уравнение верное – 1 балла Решен вопрос об избытке и недостатке – 1 балл Найдена искомая масса – 1 балл Если все логически верно, но допущена ошибка в расчете снимается 1 балл.	5
Максимальный балл	12

Задание 10.2. (6 баллов)

Глауберова соль, английская соль и жжёная известь играют важную роль в медицине благодаря своим уникальным свойствам и широкому спектру применения. Глауберова и английская соли известны своими слабительными свойствами и используются для нормализации работы кишечника. Жжёная известь находит применение как антисептическое средство в хирургии и стоматологии, а также может быть использована для дезинфекции помещений и инструментов. Её способность связывать влагу делает её полезной для приготовления различных лекарственных форм.

В лаборатории есть три пробирки без этикеток со жжёной известью, глауберовой солью и английской солью. Предложите план их определения. Напишите формулы жжёной извести, глауберовой соли и английской соли и уравнения реакций для их идентификации.

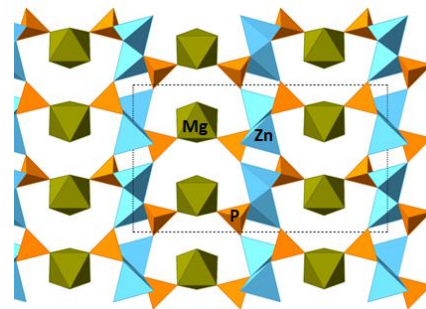
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Глауберова соль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	1 балл
Английская соль $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1балл
Жжёная известь CaO	1балл
Сначала попробовать растворить в воде Соли хорошо растворяются в воде, а оксид кальция бурно прореагирует с водой и даст белую муть. В оставшиеся две пробирки добавляем щелочь, в одной из них выпадет белый осадок $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Значит, там была английская соль. В оставшейся пробирке – глауберова соль. Подтвердим наличие сульфатов взаимодействием с растворимой солью бария $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ $\text{MgSO}_4 + 2\text{KOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$ $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$	3 балла
Максимальный балл	6

ЗАДАНИЕ 1

1.1. Команда исследователей из Кольского научного центра Российской академии наук и Санкт-Петербургского госуниверситета описала ранее неизвестный науке минерал. Его обнаружили в месторождении Кестёр (Республика Саха). Минерал назвали Сергейсмирновит в честь выдающегося советского ученого, крупнейшего специалиста в области минералогии рудных месторождений, академика Сергея Смирнова.

Исследователи предположили, что новый минерал может обладать хорошей протонной проводимостью. Благодаря этому синтетические аналоги сергейсмирновита возможно будет применять в качестве основы для создания сверхъёмких аккумуляторов, которые могут использоваться во всех сферах и направлениях медицинской деятельности, от химических исследований и санаторно-профилактической области до оказания экстренной помощи при проведении хирургических операций.



На анализ поступил образец горной породы массой 500 г, массовая доля в котором Сергейсмирновита ($\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) составляет 70%. Порода загрязнена примесью Вюрцита (ZnS), массовая доля которого составляет 20%, а также не содержащими цинка природными соединениями. Определите массовую долю цинка в породе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\omega(\text{Zn в } \text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = 130/416 = 0,3125$ $\omega(\text{Zn в } \text{ZnS}) = 65/97 = 0,6701$	3
$\omega(\text{Zn}) = 0,3125 \cdot 0,7 + 0,6701 \cdot 0,2 = 0,3528 \text{ (35,28\%)}$	3
Максимальный балл	6

ЗАДАНИЕ 2

2.1. Два вещества состоят из ионов. В каждом ионе по 18 электронов. В первом веществе один из ионов содержит 19 протонов, а число протонов в другом ионе отличается на 3. Во втором веществе один из ионов содержит 17 протонов, а число протонов в другом ионе также отличается на 3. Определите вещества и напишите уравнение реакции между ними в водном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Формулы веществ: K_2S и CaCl_2	3
$2\text{K}_2\text{S} + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{KHS} + 2\text{KCl}$ <i>(можно принять вариант: $\text{K}_2\text{S} + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaS} + 2\text{KCl}$)</i>	3
Максимальный балл	6

ЗАДАНИЕ 3

3.1. Азот применяется в анестезиологии для поддержания анестезии при хирургических вмешательствах, а также в офтальмологии для коагуляции и свертывания тканей при некоторых глазных заболеваниях. Жидкий азот используется в криохирургии и криотерапии для уменьшения воспаления, боли и отека после травм и хирургических вмешательств. Физиологическое действие аммиака обусловлено его местнораздражающим действием: он возбуждает чувствительные нервные окончания верхних дыхательных путей, что стимулирует дыхательный и сосудодвигательный центры мозга и вызывает учащение дыхания и повышение артериального давления.

К 25 л смеси, состоящей из азота и аммиака, добавили 10 л хлороводорода, после чего относительная плотность газовой смеси по воздуху составила 0,839. Все объемы измерены при одинаковых условиях. Определите объемные доли газов в исходной смеси.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$ $M(\text{смеси}) = 0,839 \cdot 29 = 24,33 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{смесь } \text{N}_2 \text{ и } \text{NH}_3$ Пусть в исходной смеси $V(\text{NH}_3) = x$; $V(\text{N}_2) = 25 - x$, тогда $V(\text{NH}_3)_{\text{ост}} = x - 10$ $28(25 - x) + 17(x - 10) = 24,33(25 - 10)$ $530 - 11x = 364,95$ $x = 15$ $\varphi(\text{NH}_3) = 15/25 = 0,6 \text{ (60\%)}$ $\varphi(\text{N}_2) = 10/25 = 0,4 \text{ (40\%)}$	2 2 2 2
Максимальный балл	8

ЗАДАНИЕ 4

4.1. Фтороводородная (плавиковая) является кислотой средней силы. Токсическое воздействие плавиковой кислоты на организм человека наблюдается при его попадании раствора кислоты на кожные покровы или слизистые оболочки (ожоги), вдыхании или попадании в желудочно-кишечный тракт. Однако, растворы фтороводородной кислоты применяются для глубокого травления титановых имплантатов — класса изделий медицинского назначения, используемых для вживления в организм в роли протезов — при проведении доклинического гистологического исследования мягких тканей с установленными имплантатами.

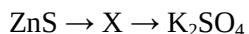
В 500 мл 0,2М раствора фтороводородной кислоты общее число непродиссоциировавших молекул кислоты и ионов составляет $6,5 \cdot 10^{22}$. Рассчитайте степень диссоциации фтороводородной кислоты. Диссоциацией воды пренебречь.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{HF} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{F}^-$ $\nu(\text{HF})_{\text{исх}} = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ моль}$ $\nu(\text{HF}_{\text{ост}} + \text{H}^+ + \text{F}^-) = 6,5 \cdot 10^{22} / 6,02 \cdot 10^{23} = 0,108 \text{ моль}$ Пусть продиссоциировало $\nu(\text{HF}) = x \text{ моль}$ $0,1 - x + 2x = 0,108$ $x = 0,008$ $\alpha = 0,008 \cdot 100 / 0,1 = 8\%$	2 2 2 2
Максимальный балл	8

ЗАДАНИЕ 5

5.1. Имеются растворы: разбавленная серная кислота, концентрированная серная кислота, гидроксид калия и перманганат калия. Используя только эти вещества, напишите уравнения реакций, соответствующие схеме:



Рассмотрите 2 случая:

- 1) Окислительно-восстановительной является *только* первая реакция;
- 2) Окислительно-восстановительной является *только* вторая реакция;

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{ZnS} + 4\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + 4\text{SO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	3
$\text{ZnSO}_4 + 4\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$	2
$\text{ZnS} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{разб})} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$	2
$5\text{H}_2\text{S} + 8\text{KMnO}_4 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$	3
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 6

6.1. Йод – физиологически значимый элемент, участвующий в выработке многих гормонов. В организме взрослого человека сосредоточено около 20-30 мг йода, при этом около 30% находится в щитовидной железе, а около 35% в плазме крови.

Вещество X может быть получено при взаимодействии йода с горячим раствором хлора, а также при взаимодействии йода с горячим концентрированным раствором пероксида водорода или при реакции йода с озоном в водном растворе. Вещество X взаимодействует с разбавленным раствором гидроксида натрия – с образованием вещества Y. При взаимодействии йода с гипохлоритом натрия в щелочной среде также образуется вещество Y. Напишите уравнения пяти протекающих реакций.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{I}_2 + 5\text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HIO}_3 + 10\text{HCl}$	2
$\text{I}_2 + 5\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{HIO}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{I}_2 + 5\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HIO}_3 + 5\text{O}_2$	2
$\text{HIO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{I}_2 + 5\text{NaClO} + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaIO}_3 + 5\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	2
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 7

7.1. Кобальт — один из микроэлементов, жизненно необходимых организму. Он входит в состав витамина В₁₂ (кобаламин). Кобальт участвует в процессах кроветворения, функционировании нервной системы и печени, ферментативных реакциях. Препараты кобальта широко используют в медицине в различных терапевтических целях, главным образом, в форме витамина В₁₂. Хлорид кобальта используют в терапии некоторых видов анемии, изотопы кобальта - в диагностике и терапии некоторых онкологических заболеваний. Сплавы кобальта с хромом и никелем широко используются в составе конструкционных материалов в ортопедической стоматологии для изготовления зубных протезов.

Кобальт растворили в разбавленной серной кислоте при нагревании и из раствора выделили кристаллогидрат соли, в котором масса атомов кислорода в 12,57 раз больше, чем масса атомов водорода. При прокаливании полученного кристаллогидрата до постоянной массы образовалось 4,4 л (при температуре 25⁰С и нормальном атмосферном давлении) газов. Напишите уравнения протекающих реакций и определите массу полученного кристаллогидрата.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{Co} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CoSO}_4 + \text{H}_2$ $\text{CoSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ $16(4+n) = 12,57 \cdot 2n$ $9,14n = 64$ $n = 7$	3
$2 \text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CoO} + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 14\text{H}_2\text{O}$ $v(\text{SO}_2 + \text{O}_2) = 101,3 \cdot 4,4 / 8,31 \cdot 298 = 0,18 \text{ моль}$	3
$v(\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 0,18 \cdot 2/3 = 0,12 \text{ моль}$ $m(\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 281 \cdot 0,12 = 33,72 \text{ г}$	3
Максимальный балл	12

ЗАДАНИЕ 8

8.1. Смешали водные растворы двух солей, которые прореагировали полностью с образованием 1,25 г осадка соли двухвалентного металла. Осадок отфильтровали и нагрели до высокой температуры, при этом образовалось 0,7 г оксида металла и углекислый газ. Фильтрат осторожно выпарили и получили 2 г сухого остатка, при термическом разложении которого при 215⁰С образовался газообразный оксид и 0,9 г паров воды в молярном соотношении 1:2. Определите исходные вещества и напишите уравнения протекающих реакций.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Осадок карбоната: $\text{MeCO}_3 \rightarrow \text{MeO} + \text{CO}_2$ $m(\text{CO}_2) = 1,25 - 0,7 = 0,55 \text{ г}$ $v(\text{CO}_2) = 0,55 / 44 = 0,0125 \text{ моль}$ $M(\text{MeO}) = 0,7 / 0,0125 = 56 \text{ г/моль} \Rightarrow M(\text{Me}) = 40 \text{ г/моль (Ca)}$	3
$m(\text{газообр.оксида}) = 2 - 0,9 = 1,1 \text{ г}$ $v(\text{H}_2\text{O}) = 0,9 / 18 = 0,05 \text{ моль}$ $v(\text{газообр.оксида}) = 0,05 / 2 = 0,025 \text{ моль}$ $M(\text{оксида}) = 1,1 / 0,025 = 44 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{N}_2\text{O (т.к. CO}_2 \text{ быть не может)}$	3
$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ Следовательно, исходная реакция: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$	3
Максимальный балл	12

ЗАДАНИЕ 9

9.1. Высокочистый кислород, не содержащий примесей, используется в медицине в кислородных масках при оксигенотерапии (метод лечения гипоксемии и тканевой гипоксии с применением кислорода), в том числе при искусственной вентиляции легких. Такой кислород долгое время получали при термическом разложении пероксида бария.

Пероксид водорода широко применяется в медицине, особенно в хирургии, как антисептическое и дезинфицирующее средство. Для лабораторного получения пероксида водорода также применяется пероксид бария.

Пероксид бария нагревали в течение некоторого времени при 800°C . Полученный твердый остаток растворили в холодной соляной кислоте. Для растворения потребовалось 73 г 20%-ной соляной кислоты, при этом образовался пероксид водорода в количестве, достаточном для окисления 3 г сульфида свинца. Определите степень термического разложения (в %) пероксида бария.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{BaO}_2 \rightarrow 2\text{BaO} + \text{O}_2$	2
$\text{BaO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{BaO}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$	2
$\text{PbS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	2
$\nu(\text{PbS}) = 3/239 = 0,0125$ моль $\nu(\text{H}_2\text{O}_2) = 4 \cdot 0,0125 = 0,05$ моль $\Rightarrow$ осталось $\nu(\text{BaO}_2) = 0,05$ моль $\nu(\text{HCl}) = 73 \cdot 0,2/36,5 = 0,4$ моль На реакцию с BaO израсходовано: $\nu(\text{HCl}) = 0,4 - 0,05 \cdot 2 = 0,3$ моль $\nu(\text{BaO}) = 0,3/2 = 0,15$ моль Количество разложившегося пероксида бария: $\nu(\text{BaO}_2) = \nu(\text{BaO}) = 0,15$ моль	3
Степень разложения: $\eta = 0,15/(0,15 + 0,05) = 0,75$ (75%)	3
Максимальный балл	14

ЗАДАНИЕ 10

10.1. Фосфор является важнейшим биогенным элементом. Без него невозможен синтез белков и нуклеиновых кислот. Биохимическая значимость соединений фосфора в организме определяется свойствами фосфорных кислот и их солей. Более 85% биологического фосфора содержится в костной ткани. В эритроцитах и в плазме крови постоянно сосредоточены гидрофосфаты и дигидрофосфаты; они играют ключевую роль и в поддержании pH крови и других биожидкостей организма на постоянном уровне.

Соединение массой 8,35 г, содержащее 47,91% брома, 23,35% калия и 28,74% кислорода по массе, нагрели до температуры выше 450°C с 1,86 г фосфора. Продукты реакции растворили в воде и к полученному раствору добавили 68 г 2%-ного раствора аммиака. Определите массу полученной соли с наибольшей молярной массой.

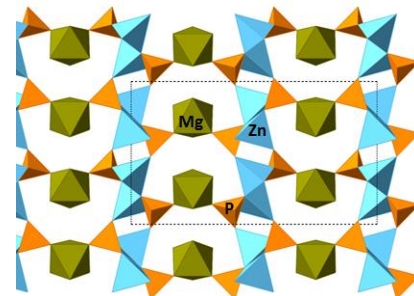
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$K:Br:O = 23,35/39: 47,91/80: 28,74/16 = 1:1:3 \Rightarrow KBrO_3$ $5KBrO_3 + 6P \rightarrow 3P_2O_5 + 5KBr$ $\nu(KBrO_3) = 8,35/167 = 0,05 \text{ моль}$ $\nu(P) = 1,86/31 = 0,06 \text{ моль}$ $\nu(P_2O_5) = 0,03 \text{ моль}$ $P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$ $\nu(H_3PO_4) = 0,06 \text{ моль}$ $\nu(NH_3) = 68 \cdot 0,02/17 = 0,08 \text{ моль}$; соотношение $\nu(H_3PO_4): \nu(NH_3) = 3:4$ $3H_3PO_4 + 4NH_3 \rightarrow 2NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4$ Из трех солей в растворе: $NH_4H_2PO_4$, $(NH_4)_2HPO_4$ и KBr наибольшую молярную массу имеет гидрофосфат. $m((NH_4)_2HPO_4) = 132 \cdot 0,02 = 2,64 \text{ г}$	2 2 2 2 3 3
Максимальный балл	14

ЗАДАНИЕ 1

1.2. Команда исследователей из Кольского научного центра Российской академии наук и Санкт-Петербургского госуниверситета описала ранее неизвестный науке минерал. Его обнаружили в месторождении Кестёр (Республика Саха). Минерал назвали Сергейсмирновит в честь выдающегося советского ученого, крупнейшего специалиста в области минералогии рудных месторождений, академика Сергея Смирнова.

Исследователи предположили, что новый минерал может обладать хорошей протонной проводимостью. Благодаря этому синтетические аналоги сергейсмирновита возможно будет применять в качестве основы для создания сверхъёмких аккумуляторов, которые могут использоваться во всех сферах и направлениях медицинской деятельности, от химических исследований и санаторно-профилактической области до оказания экстренной помощи при проведении хирургических операций.



На анализ поступил образец горной породы массой 1000 г, массовая доля в котором Сергейсмирновита ($\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) составляет 80%. Порода загрязнена примесью Цинкита (ZnO), массовая доля которого составляет 15%, а также не содержащими цинка природными соединениями. Определите массовую долю цинка в породе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\omega(\text{Zn в } \text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = 130/416 = 0,3125$ $\omega(\text{Zn в } \text{ZnO}) = 65/81 = 0,8025$	3
$\omega(\text{Zn}) = 0,3125 \cdot 0,8 + 0,8025 \cdot 0,15 = 0,3704 (37,04\%)$	3
Максимальный балл	6

ЗАДАНИЕ 2

2.2. Два вещества состоят из ионов. В первом веществе в каждом ионе по 18 электронов; один из ионов содержит 15 протонов, а число протонов в другом ионе отличается на 5. Второе вещество – одноосновная кислота, анион которой также содержит 18 электронов. Определите вещества и напишите уравнение реакции между ними в водном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Формулы веществ: Ca_3P_2 и HCl	3
$\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{HCl} \rightarrow 3\text{CaCl}_2 + 2\text{PH}_3$	3
Максимальный балл	6

ЗАДАНИЕ 3

3.2. Азот применяется в анестезиологии для поддержания анестезии при хирургических вмешательствах, а также в офтальмологии для коагуляции и свертывания тканей при некоторых глазных заболеваниях. Жидкий азот используется в криохирургии и криотерапии для уменьшения воспаления, боли и отека после травм и хирургических вмешательств. Физиологическое действие аммиака обусловлено его местнораздражающим действием: он возбуждает чувствительные нервные окончания верхних дыхательных путей, что стимулирует дыхательный и сосудодвигательный центры мозга и вызывает учащение дыхания и повышение артериального давления.

К 20 л смеси, состоящей из азота и аммиака, добавили 10 л хлороводорода, после чего плотность газовой смеси составила 1,334 г/л. Все объемы измерены при нормальных условиях. Определите объемные доли газов в исходной смеси.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$ $M(\text{смеси}) = 1,334 \cdot 22,4 = 29,88 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{смесь } \text{N}_2 \text{ и } \text{HCl}$ Пусть в исходной смеси $V(\text{NH}_3) = x$; $V(\text{N}_2) = 20 - x$, тогда $V(\text{HCl})_{\text{ост}} = 10 - x$ $28(20 - x) + 36,5(10 - x) = 29,88(30 - 2x)$ $4,74x = 28,6$ $x = 6$ $\varphi(\text{NH}_3) = 6/20 = 0,3 \text{ (30\%)}$ $\varphi(\text{N}_2) = 14/20 = 0,7 \text{ (70\%)}$	2 2 2 2
Максимальный балл	8

ЗАДАНИЕ 4

4.2. Фтороводородная (плавиковая) является кислотой средней силы. Токсическое воздействие плавиковой кислоты на организм человека наблюдается при его попадании раствора кислоты на кожные покровы или слизистые оболочки (ожоги), вдыхании или попадании в желудочно-кишечный тракт. Однако, растворы фтороводородной кислоты применяются для глубокого травления титановых имплантатов — класса изделий медицинского назначения, используемых для вживления в организм в роли протезов — при проведении доклинического гистологического исследования мягких тканей с установленными имплантатами.

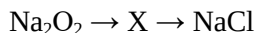
В 1,55 л 0,1М раствора фтороводородной кислоты общее число непродиссоциировавших молекул кислоты и ионов составляет $1,017 \cdot 10^{23}$. Рассчитайте степень диссоциации фтороводородной кислоты. Диссоциацией воды пренебречь.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{HF} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{F}^-$ $v(\text{HF})_{\text{исх}} = 1,55 \cdot 0,1 = 0,155 \text{ моль}$ $v(\text{HF})_{\text{ост}} + \text{H}^+ + \text{F}^- = 1,017 \cdot 10^{23} / 6,02 \cdot 10^{23} = 0,169 \text{ моль}$ Пусть продиссоциировало $v(\text{HF}) = x \text{ моль}$ $0,155 - x + 2x = 0,169$ $x = 0,014$ $\alpha = 0,014 \cdot 100 / 0,155 = 9\%$	2 2 2 2
Максимальный балл	8

ЗАДАНИЕ 5

5-2. Имеются вода и растворы: разбавленная серная кислота, хлорид бария и хлор. Используя только эти вещества, напишите уравнения реакций, соответствующие схеме:



Рассмотрите 2 случая:

- 1) Окислительно-восстановительной является *только* первая реакция;
- 2) Окислительно-восстановительной является *только* вторая реакция;

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	3
$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$	2
$\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$	2
$2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$	3
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 6

6.2. Йод – физиологически значимый элемент, участвующий в выработке многих гормонов. В организме взрослого человека сосредоточено около 20-30 мг йода, при этом около 30% находится в щитовидной железе, а около 35% в плазме крови.

Вещество X может быть получено при взаимодействии йода с концентрированным раствором азотной кислоты, а также при гидролизе фторида йода (V). Вещество X взаимодействует с разбавленным раствором гидроксида калия с образованием вещества Y – сильного окислителя. Вещество Y в кислой среде реагирует с йодидом калия с образованием осадка, а с раствором пероксида водорода – с образованием газа. Напишите уравнения пяти протекающих реакций.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{I}_2 + 10\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{HIO}_3 + 10\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{IF}_5 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HIO}_3 + 5\text{HF}$	2
$\text{HIO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{KIO}_3 + 5\text{KI} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{I}_2 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{KIO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{KI} + 3\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	2
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 7

7.2. Никель является важным микроэлементом, он помогает организму использовать фолиевую кислоту и витамин В₁₂. Концентрация никеля влияет на синтез таких гормонов, как адреналин, норадреналин, альдостерон и пролактин. Никель облегчает всасывание, усвоение и метаболизм железа. Дефицит никеля ухудшает статус железа в организме. Сплавы никеля и титана широко используются в стоматологии, особенно в эндодонтических инструментах для обработки корневых каналов. Сплавы никеля с хромом и кобальтом широко используются в составе конструкционных материалов в ортопедической стоматологии для изготовления зубных протезов.

Никель растворили в разбавленной азотной кислоте при нагревании и из раствора выделили кристаллогидрат соли, в котором масса атомов азота в 6,857 раз меньше, чем масса атомов кислорода. При прокаливании полученного кристаллогидрата до постоянной массы образовалось 9,075 л (при температуре 22⁰С и нормальном атмосферном давлении) газов. Напишите уравнения протекающих реакций и определите массу полученного кристаллогидрата.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$3\text{Ni} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ $16(6+n) = 6,857 \cdot 2 \cdot 14$ $16n = 96$ $n = 6$ $2\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NiO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ $v(\text{NO}_2 + \text{O}_2) = 101,3 \cdot 9,075 / 8,31 \cdot 295 = 0,375 \text{ моль}$ $v(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,375 \cdot 2 / 5 = 0,15 \text{ моль}$ $m(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 291 \cdot 0,15 = 43,65 \text{ г}$	3 3 3 3
Максимальный балл	12

ЗАДАНИЕ 8

8.2. Смешали водные растворы двух солей, которые прореагировали полностью с образованием 2,1 г осадка соли двухвалентного металла. Осадок отфильтровали и нагрели до высокой температуры, при этом образовалось 1,0 г оксида металла и углекислый газ. Фильтрат осторожно выпарили и получили 4,0 г сухого остатка, при термическом разложении которого при 200⁰С образовался газообразный оксид и 1,8 г паров воды в молярном соотношении 1:2. Определите исходные вещества и напишите уравнения протекающих реакций.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Осадок карбоната: $\text{MeCO}_3 \rightarrow \text{MeO} + \text{CO}_2$ $m(\text{CO}_2) = 2,1 - 1 = 1,1 \text{ г}$ $v(\text{CO}_2) = 1,1 / 44 = 0,025 \text{ моль}$ $M(\text{MeO}) = 1 / 0,025 = 40 \text{ г/моль} \Rightarrow M(\text{Me}) = 24 \text{ г/моль (Mg)}$	3 3
$m(\text{газообр.оксида}) = 4 - 1,8 = 2,2 \text{ г}$ $v(\text{H}_2\text{O}) = 1,8 / 18 = 0,1 \text{ моль}$ $v(\text{газообр.оксида}) = 0,1 / 2 = 0,05 \text{ моль}$ $M(\text{оксида}) = 2,2 / 0,05 = 44 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{N}_2\text{O (т.к. CO}_2 \text{ быть не может)}$ $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ Следовательно, исходная реакция:	 3 3
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{MgCO}_3$	3
Максимальный балл	12

ЗАДАНИЕ 9

9.2. Высокочистый кислород, не содержащий примесей, используется в медицине в кислородных масках при оксигенотерапии (метод лечения гипоксемии и тканевой гипоксии с применением кислорода), в том числе при искусственной вентиляции легких. Такой кислород долгое время получали при термическом разложении пероксида бария.

Пероксид водорода широко применяется в медицине, особенно в хирургии, как антисептическое и дезинфицирующее средство. Для лабораторного получения пероксида водорода также применяется пероксид бария.

Пероксид бария нагревали в течение некоторого времени при 800°C . Образовался кислород в количестве, достаточном для окисления (при нагревании) 4,8 г сульфида меди (II). Полученный при разложении пероксида бария твердый остаток растворили в разбавленной серной кислоте. Для растворения потребовалось 220,5 г 8%-ного раствора кислоты. Определите степень термического разложения (в %) пероксида бария.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{BaO}_2 \rightarrow 2\text{BaO} + \text{O}_2$	2
$2\text{CuS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO} + 2\text{SO}_2$	2
$\nu(\text{CuS}) = 4,8/96 = 0,05$ моль $\nu(\text{O}_2) = 0,05 \cdot 3/2 = 0,075$ моль $\nu(\text{BaO}) = 0,075 \cdot 2 = 0,15$ моль Количество разложившегося пероксида бария: $\nu(\text{BaO}_2) = \nu(\text{BaO}) = 0,15$ моль $\text{BaO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$	3
$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 220,5 \cdot 0,08/98 = 0,18$ моль Количество оставшегося пероксида бария: $\nu(\text{BaO}_2) = 0,18 - 0,15 = 0,03$ моль	2
Степень разложения: $\eta = 0,15/(0,15 + 0,03) = 0,833$ (83,3%)	2
Максимальный балл	3
	14

ЗАДАНИЕ 10

10.2. Фосфор является важнейшим биогенным элементом. Без него невозможен синтез белков и нуклеиновых кислот. Биохимическая значимость соединений фосфора в организме определяется свойствами фосфорных кислот и их солей. Более 85% биологического фосфора содержится в костной ткани. В эритроцитах и в плазме крови постоянно сосредоточены гидрофосфаты и дигидрофосфаты; они играют ключевую роль и в поддержании pH крови и других биожидкостей организма на постоянном уровне.

Соединение массой 12,25 г, содержащее 28,98% хлора, 31,84% калия и 39,18% кислорода по массе, нагрели до температуры выше 450⁰С с 3,72 г фосфора. Продукты реакции растворили в воде и к полученному раствору добавили 120 г 5%-ного раствора гидроксида натрия. Определите массу полученной соли с наибольшей молярной массой.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$K:Cl:O = 31,84/39: 28,98/35,5: 39,18/16 = 1:1:3 \Rightarrow KClO_3$	2
$5KClO_3 + 6P \rightarrow 3P_2O_5 + 5KCl$	2
$\nu(KClO_3) = 12,25/122,5 = 0,1 \text{ моль}$	
$\nu(P) = 3,72/31 = 0,12 \text{ моль}$	
$\nu(P_2O_5) = 0,06 \text{ моль}$	2
$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$	2
$\nu(H_3PO_4) = 0,12 \text{ моль}$	
$\nu(NaOH) = 120 \cdot 0,05/40 = 0,15 \text{ моль}$; соотношение $\nu(H_3PO_4): \nu(NaOH) = 4:5$	
$4H_3PO_4 + 5NaOH \rightarrow 3NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4 + 5H_2O$	3
Из трех солей в растворе: NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 и KCl наибольшую молярную массу имеет гидрофосфат.	
$m((NH_4)_2HPO_4) = 142 \cdot 0,03 = 4,26 \text{ г}$	3
Максимальный балл	14

ЗАДАНИЕ 1

1.1. Команда исследователей из Кольского научного центра РАН и Санкт-Петербургского университета описала ранее неизвестный науке минерал. Его обнаружили в месторождении Кестёр (Республика Саха). Минерал назвали Сергейсмирновит в честь выдающегося советского ученого, крупнейшего специалиста в области минералогии рудных месторождений, академика Сергея Смирнова. Новый минерал обладает высокой протонной проводимостью, благодаря чему возможно применение его синтетических аналогов для создания сверхъёмких аккумуляторов, которые могут использоваться во всех сферах медицинской деятельности, от химических исследований и санаторно-профилактической области до оказания экстренной помощи при проведении хирургических операций.

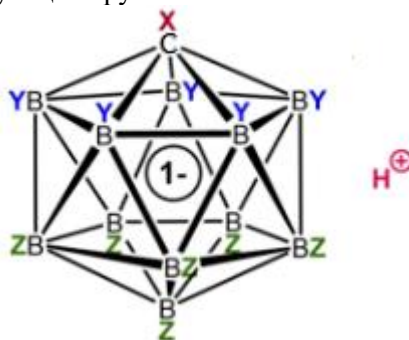
Минерал представляет собой кристаллогидрат состава $\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Установите формулу кристаллогидрата, если проведенный в лаборатории анализ показал, что массовая доля атомарного цинка в образце составляет 31,25%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\omega(\text{Zn}) = 130 / (344 + 18n) = 0,3125$	3
$107,5 + 5,625n = 130$ $n = 4$	3
Максимальный балл	6

ЗАДАНИЕ 2

2.1. В 2010 году сотрудники Института катализа РАН и Калифорнийского университета совместно синтезировали кислоту, которая в сотни тысяч раз сильнее серной. Все протонсодержащие кислоты сильнее 100%-ной серной кислоты называются «суперкислотами». На сегодняшний день карборановые бороорганические кислоты – самые сильные из суперкислот; они способны протонировать такие вещества, как бензол, фуллерен C_{60} , хлорметан и углекислый газ. Анионы карборановых кислот образуют пространственную структуру икосаэдр. Такая структура – наиболее стабильная из существующих групп атомов:



Массовая доля бора в карборановой кислоте равна 23,025%, а массовая доля хлора 74,31%. Определите молекулярную формулу кислоты.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$M(\text{кислоты}) = 11 \cdot 11 / 0,23025 = 525,5 \text{ г/моль}$ $35,5n = 525,5 \cdot 0,7431$ $n = 11$ $11 \cdot 11 + 35,5 \cdot 11 + 12 + x + 1 = 525,5$ $x = 1 \Rightarrow \text{H}(\text{CHB}_{11}\text{Cl}_{11})$	3 3
Максимальный балл	6

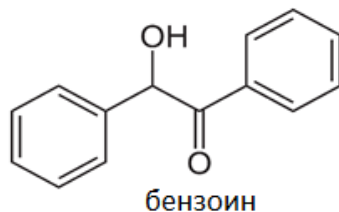
ЗАДАНИЕ 3

3.1. Синтетические аналоги эстрогенов нестероидной природы – гидроксильные производные стильбена (1,2-дифенилэтилена). Обладают выраженным антиоксидантным действием, а также противовоспалительными, противоопухолевыми, нейро- и кардиопротекторными свойствами.

Транс-стильбен можно синтезировать двумя путями:

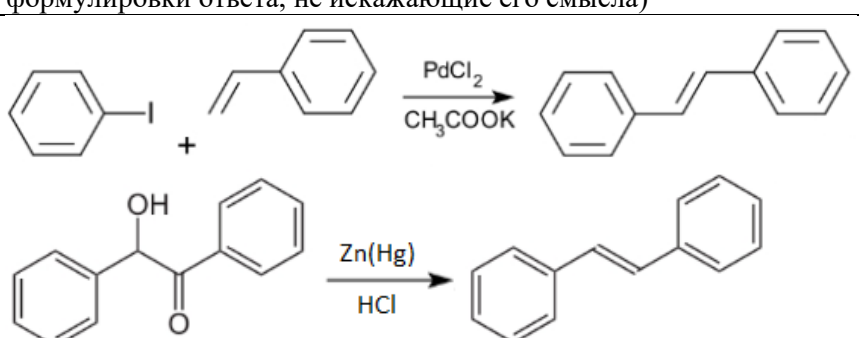
Реакция 1: При нагревании йодбензола и стирола на катализаторе PdCl_2 , в присутствии ацетата калия и метанола (реакция Мизороки-Хека);

Реакция 2: При восстановлении бензоина амальгамой цинка Zn(Hg) в присутствии соляной кислоты и этанола.



Напишите схемы реакций. Выход реакции 2 в 1,625 раз меньше, чем выход реакции 1. В обеих реакциях было получено одинаковое количество *транс*-стильбена. Рассчитайте массу стирола, вступившего в реакцию, если масса бензоина 31,8 г.

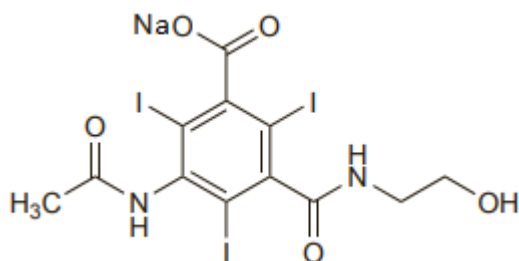
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
	1 1
$\nu(\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{O}_2) = 31,8/212 = 0,15 \text{ моль}$ $\eta_2 = x; \eta_1 = 1,625x$ $\nu(\text{C}_{14}\text{H}_{12}) = 0,15x$ $\nu(\text{C}_8\text{H}_8) = 0,15x/1,625x = 0,0923 \text{ моль}$ $m(\text{C}_8\text{H}_8) = 0,0923 \cdot 104 = 9,6 \text{ г}$	3 3
Максимальный балл	8

ЗАДАНИЕ 4

4.1. Рентгеноконтрастные соединения — это вещества, используемые в рентгенодиагностике для улучшения визуализации внутренних органов и анатомических структур при лучевых методах исследования (рентгеновской компьютерной томографии, ангиографии и урографии). Современные контрастные препараты для внутривенного введения обычно содержат йод и являются производными 2,4,6-трийодбензойной кислоты.

Иокситаламовая кислота представляет собой ионное мономерное йодсодержащее рентгеноконтрастное вещество и является действующим веществом препарата Телебрикс. Препараты иокситаламовой кислоты обычно выпускаются в виде растворов, содержащих 21% иокситаламата натрия:



Рассчитайте массу йода, которая попадет в организм человека при внутривенном введении 50 мл такого раствора.

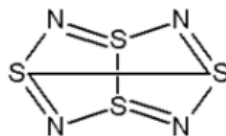
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$M(C_{12}H_{10}I_3N_2NaO_5) = 666 \text{ г/моль}$	2
$\omega(I) = 127 \cdot 3 / 666 = 0,572$	2
В 1 мл раствора – 210 мг иокситаламата натрия	2
$m(I) = 210 \cdot 0,572 = 120 \text{ мг} - \text{в } 1 \text{ мл}$	
$m(I) = 120 \cdot 50 = 6000 \text{ мг} = 6 \text{ г}$	2
Максимальный балл	8

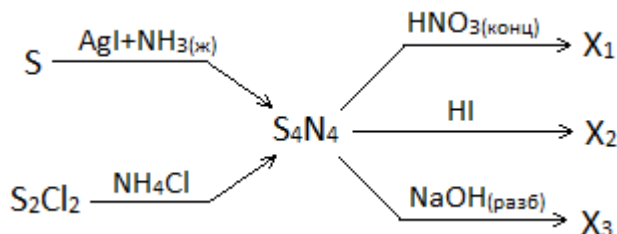
ЗАДАНИЕ 5

5.1. Тетранитрид тетрасеры (S_4N_4) обладает термохромными свойствами: цвет соединения меняется от бесцветного (при $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$), светло-жёлтого (ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$), оранжевого при комнатной температуре и до тёмно-красного выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Используется для получения других соединений серы с азотом, например, с его помощью можно синтезировать 1,2,5-тиадиазолы.

Тетранитрид тетрасеры имеет строение неплоского цикла:



Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:



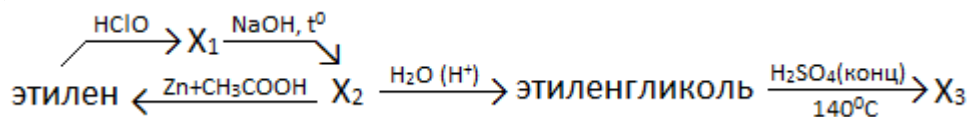
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$10\text{S} + 12\text{AgI} + 16\text{NH}_3 \rightarrow \text{S}_4\text{N}_4 + 6\text{Ag}_2\text{S} + 12\text{NH}_4\text{I}$	2
$6\text{S}_2\text{Cl}_2 + 4\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{S}_4\text{N}_4 + 16\text{HCl} + 8\text{S}$	2
$\text{S}_4\text{N}_4 + 8\text{HNO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{SO}_2 + 4\text{NO}_2 + 4\text{NH}_4\text{NO}_3$ (Возможен вариант: $\text{S}_4\text{N}_4 + 16\text{HNO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_2\text{SO}_4 + 12\text{NO}_2 + 4\text{NH}_4\text{NO}_3$)	2
$\text{S}_4\text{N}_4 + 24\text{HI} \rightarrow 4\text{H}_2\text{S} + 10\text{I}_2 + 4\text{NH}_4\text{I}$	2
$\text{S}_4\text{N}_4 + 6\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{S} + 4\text{NH}_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_3$	2
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 6

6.1. В медицинской и лабораторной практике используют этиленгликоль и другие многоатомные спирты в качестве криопротекторов — веществ, защищающих живые объекты от повреждающего действия замораживания. Криопротекторы используют при криоконсервации — низкотемпературном хранении клеточных культур, крови, эмбрионов, изолированных органов и других биологических объектов.

Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:



Реакция получения вещества X_3 — межмолекулярная дегидратация

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HClO} \rightarrow \text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{Cl}$	2
$\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow (\text{CH}_2)_2\text{O} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	2
$(\text{CH}_2)_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$	2
$2\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH} \rightarrow \text{O} \begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \diagdown \quad \diagup \end{array} \text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$	2
$(\text{CH}_2)_2\text{O} + \text{Zn} + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn} + \text{H}_2\text{O}$	2
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 7

7.1. Карбамид (мочевина) – полный амид угольной кислоты $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. В медицинской практике карбамид используется в дерматологии, растворяя белок кератин, увлажняет кожу, предохраняя роговой слой эпидермиса от пересыхания, а также используется в качестве осмотического диуретика, в частности, в терапии отека мозга и глаукомы; применяется в качестве пищевой добавки.

Мочевину получают перегонкой смеси жидкого аммиака и твердого углекислого газа («сухой лед») при нагревании – образуется карбамат аммония (соль карбаминовой кислоты $\text{NH}_2\text{COONH}_4$), который при 180°C подвергается дегидратации с образованием карбамида. Из таких же количеств аммиака и углекислого газа, растворенных в воде, получили в растворе две соли общей массой 87,5 г. Количества вещества солей одинаковые. Рассчитайте массу полученного карбамида, напишите уравнения реакций. Выходы всех реакций считать равными 100%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{COONH}_4$	2
$\text{NH}_2\text{COONH}_4 \rightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	2
$3\text{NH}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3$	2
Пусть $\nu((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = x$; $\nu(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = x$ $96x + 79x = 87,5$ $x = 0,5$ $\nu(\text{NH}_3) = 0,5 \cdot 3 = 1,5$ моль; $\nu(\text{CO}_2) = 1$ моль (избыток) $\nu(\text{NH}_2\text{COONH}_4) = 1,5/2 = 0,75$ моль $\nu((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 0,75$ моль $m((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 60 \cdot 0,75 = 45$ г	3
	3
Максимальный балл	12

ЗАДАНИЕ 8

8.1. Алкилмагнийгалогениды RMgX - реактивы Гриньяра - удивительные соединения, позволяющие получать сложные органические молекулы. Реактивы Гриньяра применяются для целевого синтеза биологически активных молекул, в том числе лекарственных средств. Присоединение реактивов Гриньяра к альдегидам и кетонам является основным способом получения вторичных и третичных спиртов. Продуктом реакции является алколюлят магния, при гидролизе которого образуется спирт.

Раствор алифатического кетона в эфире реагирует с этилмагнийбромидом при нагревании. После гидролиза получили с выходом 65% органическое вещество X, которое выделили и нагрели со смесью концентрированной серной и уксусной кислоты. В результате дегидратации получили алкен (выход 80%). Алкен при охлаждении окислили слабощелочным раствором перманганата калия с образованием органического вещества Y, масса которого оказалась в 1,253 раз меньше массы взятого кетона. Определите молекулярную формулу исходного кетона и его возможную структурную формулу. Напишите уравнения реакций.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{RR}'\text{C}=\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr} \rightarrow \text{RR}'\text{C}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{--OMgBr}$	2
$\text{RR}'\text{C}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{--OMgBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{RR}'\text{C}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{--OH} + \text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$	2
$\text{RR}'\text{C}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{--OH} \rightarrow \text{RR}'\text{C}=\text{CH}\text{--CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	2
$3\text{RR}'\text{C}=\text{CH}\text{--CH}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{RR}'\text{C}(\text{OH})\text{--CH}(\text{OH})\text{--CH}_3 + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$	2
Пусть $\nu(\text{кетона}) = x$; $M(\text{кетона}) = 2R + 28$ Тогда $\nu(\text{трет. спирта}) = 0,65x$; $\nu(\text{алкена}) = 0,65x \cdot 0,8 = 0,52x$ $\nu(\text{диола}) = 0,52x$; $M(\text{диола}) = 2R + 74$ $x(2R + 28) = 1,253 \cdot 0,52x(2R + 74)$ $2R = 58$ $R = 29$ ($-\text{C}_2\text{H}_5$) кетон $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ (пентанон-3)	2
Максимальный балл	12

ЗАДАНИЕ 9

9.1. Препараты лития, в частности карбонат лития, применяются в качестве психотропных лекарственных средств – нормотимиков (стабилизаторов настроения) – при лечении аффективных расстройств.

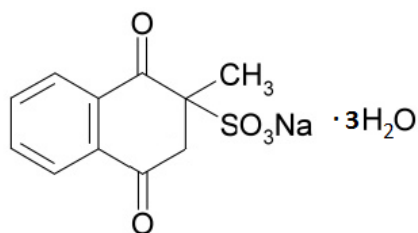
Смесь, содержащую равные количества вещества карбоната лития и нитрата алюминия прокалили на воздухе до постоянной массы. Образовалась смесь газов объемом 4,7 л (при температуре 25⁰С и давлении 100,11кПа). Полученный после прокаливания твердый остаток полностью растворили в 100 мл 10%-ной соляной кислоты (плотность 1,06 г/мл). Определите массовые доли солей в полученном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$4\text{Li}_2\text{CO}_3 + 4\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 4\text{LiAlO}_2 + 2\text{Li}_2\text{O} + 12\text{NO}_2 + 4\text{CO}_2 + 3\text{O}_2$	2
$\nu(\text{газов}) = \frac{100,11 \cdot 4,7}{8,31 \cdot 298} = 0,19 \text{ моль}$	2
$\nu(\text{LiAlO}_2) = 0,19 \cdot 4/19 = 0,04 \text{ моль}; m(\text{LiAlO}_2) = 0,04 \cdot 66 = 2,64 \text{ г}$	2
$\nu(\text{Li}_2\text{O}) = 0,19 \cdot 2/19 = 0,02 \text{ моль}; m(\text{Li}_2\text{O}) = 0,02 \cdot 30 = 0,6 \text{ г}$	2
$\nu(\text{HCl}) = 100 \cdot 1,06 \cdot 0,1/36,5 = 0,29 \text{ моль}$ $2\text{LiAlO}_2 + \text{Li}_2\text{O} + 10\text{HCl} \rightarrow 4\text{LiCl} + 2\text{AlCl}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$	2
$m(\text{р-р}) = 2,64 + 0,6 + 100 \cdot 1,06 = 109,24 \text{ г}$	2
$\omega(\text{LiCl}) = 0,08 \cdot 42,5/109,24 = 0,031 \text{ (3,1\%)}$	2
$\omega(\text{AlCl}_3) = 0,04 \cdot 133,5/109,24 = 0,049 \text{ (4,9\%)}$	
Максимальный балл	14

ЗАДАНИЕ 10

10.1. Витамин К необходим для синтеза белков, обеспечивающих нормальный уровень коагуляции крови. Синтетическим аналогом витамина К является менадион (2-метил-1,4-нафтахинон). В медицине менадион применяется в форме его производного – 2-метил-1,4-нафталендиона натрия сульфоната (викасол):



Количественное определение викасола проводят методом цериметрического титрования. В качестве титранта используется сильный окислитель – сульфат церия (IV) $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$, который восстанавливается в сульфат церия (III), при этом гидрохиноны окисляются до хинонов.

К навеске препарата викасол в виде тригидрата массой 0,3005 г добавляют избыток раствора гидроксида натрия и осаждают менадион, экстрагируют его хлороформом, отделяют органический слой и отгоняют хлороформ. Остаток растворяют в уксусной кислоте, добавляют цинковую пыль и оставляют на 30 минут в темном месте для завершения реакции. Фильтруют, и полученный в фильтрате 2-метил-1,4-нафтагидрохинон титруют 0,1М раствором сульфата церия (IV) в присутствии редокс-индикатора (фенантролин). На титрование было израсходовано 17,65 мл раствора титранта. Определите массовую долю викасола в образце препарата. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данной методики.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{C}_{11}\text{H}_9\text{NaO}_5\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_{11}\text{H}_8\text{O}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{C}_{11}\text{H}_8\text{O}_2 + \text{Zn} + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{O}_2 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$	2
$\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{O}_2 + 2\text{Ce}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow \text{C}_{11}\text{H}_8\text{O}_2 + \text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$	2
$v(\text{Ce}(\text{SO}_4)_2) = 0,1 \cdot 17,65 = 1,765 \text{ ммоль}$ $v(\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{O}_2) = 1,765/2 = 0,8825 \text{ ммоль}$ $m(\text{C}_{11}\text{H}_9\text{NaO}_5\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 0,8825 \cdot 330,3 = 291,49 \text{ мг}$ $\omega(\text{C}_{11}\text{H}_9\text{NaO}_5\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 291,49/300,5 = 0,970 (97\%)$	4
Максимальный балл	14

Заключительный этап ВСОШ по химии 2025.

10 класс ВАРИАНТ 2

ЗАДАНИЕ 1

1.2. Команда исследователей из Кольского научного центра РАН и Санкт-Петербургского университета описала ранее неизвестный науке минерал. Его обнаружили в месторождении Кестёр (Республика Саха). Минерал назвали Сергейсмирновит в честь выдающегося советского ученого, крупнейшего специалиста в области минералогии рудных месторождений, академика Сергея Смирнова. Новый минерал обладает высокой протонной проводимостью, благодаря чему возможно применение его синтетических аналогов для создания сверхъёмких аккумуляторов, которые могут использоваться во всех сферах медицинской деятельности, от химических исследований и санаторно-профилактической области до оказания экстренной помощи при проведении хирургических операций.

Минерал представляет собой кристаллогидрат состава $\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Установите формулу кристаллогидрата, если проведенный в лаборатории анализ показал, что массовая доля фосфат ионов в образце составляет 45,67%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\omega(\text{PO}_4^{3-}) = 190/(344 + 18n) = 0,4567$	3
$344 + 18n = 416$	
$n = 4$	3
Максимальный балл	6

ЗАДАНИЕ 2

2.2. Трифликовая кислота является одной из самых сильных кислот (суперкислотой). Суперкислоты (открыты Дж.Ола, Нобелевская премия по химии, 1994 г) используются для протонирования органических веществ и получения «неклассических» карбокатионов.

Трифликовая кислота используется в органическом синтезе в качестве катализатора, а также в фармацевтической промышленности при производстве антибиотиков, стероидов и витаминов.

Молекулярная масса трифликовой кислоты равна 150. Массовая доля углерода 8%, а массовая доля фтора 38%. Число атомов углерода и серы в молекуле одинаковое. Определите молекулярную формулу кислоты, изобразите ее структурную формулу.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{C}:\text{F} = 8/12 : 38/19 = 1 : 3$	
$\text{C}_n\text{F}_{3n}\text{S}_n\text{H}_m$	
$12n + 19 \cdot 3n + 32n + m = 150$	
$101n + m = 150 \Rightarrow n = 1; m = 49$ (1 атом водорода и 3 атома кислорода). Формула $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$	3
$ \begin{array}{c} \text{F} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{F}-\text{C}-\text{S}-\text{OH} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{O} \end{array} $	3
Максимальный балл	6

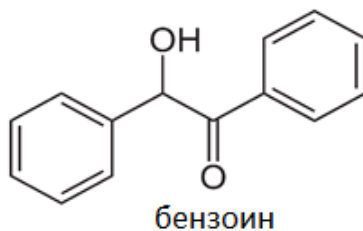
ЗАДАНИЕ 3

3.2. Синтетические аналоги эстрогенов нестероидной природы – гидроксильные производные стильбена (1,2-дифенилэтилена). Обладают выраженным антиоксидантным действием, а также противовоспалительными, противоопухолевыми, нейро- и кардиопротекторными свойствами.

Транс-стильбен можно синтезировать двумя путями:

Реакция 1: При нагревании йодбензола и стирола на катализаторе PdCl_2 , в присутствии ацетата калия и метанола (реакция Мизороки-Хека);

Реакция 2: При восстановлении бензоина амальгамой цинка Zn(Hg) в присутствии соляной кислоты и этанола.



Напишите схемы реакций. Выход реакции 2 в 1,6 раз меньше, чем выход реакции 1. В первой реакции было получено в 2 раза больше *транс*-стильбена, чем во второй реакции. Рассчитайте массу бензоина, вступившего в реакцию, если масса стирола 15,6 г.

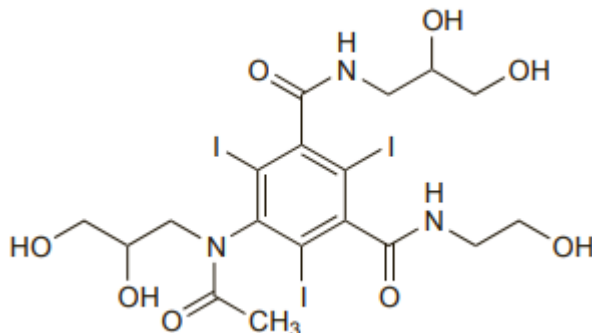
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
	1
	1
$\begin{aligned} \nu(\text{C}_8\text{H}_8) &= 15,6/104 = 0,15 \text{ моль} \\ \eta_2 &= x; \eta_1 = 1,6x \\ \nu_1(\text{C}_{14}\text{H}_{12}) &= 0,15 \cdot 1,6x = 0,24x \\ \nu_2(\text{C}_{14}\text{H}_{12}) &= 0,24x/2 = 0,12x \\ \nu(\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{O}_2) &= 0,12x/x = 0,12 \text{ моль} \\ m(\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{O}_2) &= 0,12 \cdot 212 = 25,44\text{г} \end{aligned}$	3
	3
Максимальный балл	8

ЗАДАНИЕ 4

4.2. Рентгеноконтрастные соединения — это вещества, используемые в рентгенодиагностике для улучшения визуализации внутренних органов и анатомических структур при лучевых методах исследования (рентгеновской компьютерной томографии, ангиографии и урографии). Современные контрастные препараты для внутривенного введения обычно содержат йод и являются производными 2,4,6-трийодбензойной кислоты.

Иоксилан представляет собой неионогенное мономерное йодсодержащее рентгеноконтрастное вещество и является действующим веществом препаратов Урографин, Триомбраст, Тразограф. Препараты иоксилана обычно выпускаются в виде растворов, содержащих 62,3% йоксилана:



Рассчитайте массу йода, которая попадет в организм человека при внутривенном введении 30 мл такого раствора.

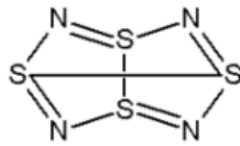
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$M(C_{18}H_{24}I_3N_3O_8) = 791 \text{ г/моль}$	2
$\omega(I) = 127 \cdot 3 / 791 = 0,4817$	2
В 1 мл раствора – 623 мг йоксилана	
$m(I) = 623 \cdot 0,4817 = 300 \text{ мг} - \text{в } 1 \text{ мл}$	2
$m(I) = 300 \cdot 30 = 9000 \text{ мг} = 9 \text{ г}$	2
Максимальный балл	8

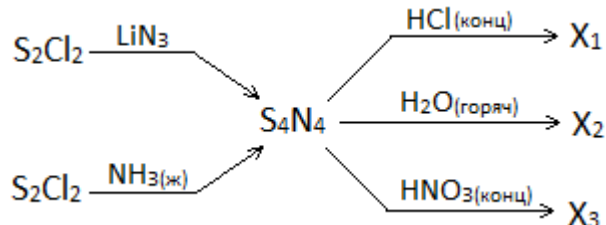
ЗАДАНИЕ 5

5.2. Тетранитрид тетрасеры (S_4N_4) обладает термохромными свойствами: цвет соединения меняется от бесцветного (при $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$), светло-жёлтого (ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$), оранжевого при комнатной температуре и до тёмно-красного выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Используется для получения других соединений серы с азотом, например, с его помощью можно синтезировать 1,2,5-тиадиазолы.

Тетранитрид тетрасеры имеет строение неплоского цикла:



Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:



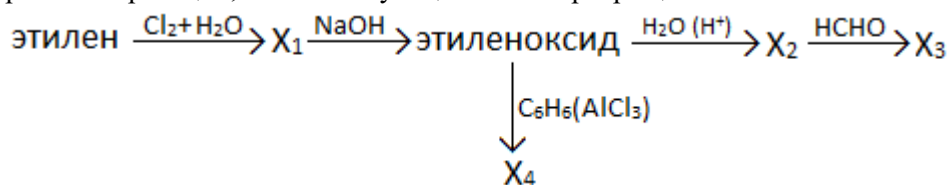
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$6S_2Cl_2 + 16NH_3 \rightarrow S_4N_4 + 8S + 12NH_4Cl$	2
$6S_2Cl_2 + 4LiN_3 \rightarrow 3S_4N_4 + 4LiCl + 4Cl_2$	2
$S_4N_4 + 4HCl + 6H_2O \rightarrow 4NH_4Cl + S + 3SO_2$	2
$S_4N_4 + 6H_2O \rightarrow S + 4NH_3 + 3SO_2$	2
$S_4N_4 + 8HNO_3 + 4H_2O \rightarrow 4SO_2 + 4NO_2 + 4NH_4NO_3$ (Возможен вариант: $S_4N_4 + 16HNO_3 + 4H_2O \rightarrow 4H_2SO_4 + 12NO_2 + 4NH_4NO_3$)	2
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 6

6.2. В медицинской и лабораторной практике используют этиленгликоль и другие многоатомные спирты в качестве криопротекторов — веществ, защищающих живые объекты от повреждающего действия замораживания. Криопротекторы используют при криоконсервации — низкотемпературном хранении клеточных культур, крови, эмбрионов, изолированных органов и других биологических объектов.

Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:



Реакция получения вещества X_4 — алкилирование; X_3 — циклический ацеталь

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$CH_2=CH_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow HO-CH_2CH_2-Cl + HCl$	2
$HO-CH_2CH_2-Cl + NaOH \rightarrow (CH_2)_2O + NaCl + H_2O$	2
$(CH_2)_2O + H_2O \rightarrow HO-CH_2CH_2-OH$	2
$HO-CH_2CH_2-OH + O=CH_2 \rightarrow \text{циклический ацеталь} + H_2O$	2
$(CH_2)_2O + C_6H_6 \rightarrow C_6H_5-CH_2CH_2-OH$	2
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 7

7.2. Карбамид (мочевина) – полный амид угольной кислоты $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. В медицинской практике карбамид используется в дерматологии, растворяя белок кератин, увлажняет кожу, предохраняя роговой слой эпидермиса от пересыхания, а также используется в качестве осмотического диуретика, в частности, в терапии отека мозга и глаукомы; применяется в качестве пищевой добавки.

Мочевину получают перегонкой смеси жидкого аммиака и твердого углекислого газа («сухой лед») при нагревании – образуется карбамат аммония (соль карбаминовой кислоты $\text{NH}_2\text{COONH}_4$), который при 180°C подвергается дегидратации с образованием карбамида. Из таких же количеств аммиака и углекислого газа, растворенных в воде, получили в растворе только среднюю соль, содержащую $4,214 \cdot 10^{24}$ атомов. Рассчитайте массу полученного карбамида, напишите уравнения реакций. Выходы всех реакций считать равными 100%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{COONH}_4$	2
$\text{NH}_2\text{COONH}_4 \rightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	2
$2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	2
$\nu(\text{атомов}) = 4,214 \cdot 10^{24} / 6,02 \cdot 10^{23} = 7 \text{ моль}$	3
$\nu((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 7/14 = 0,5 \text{ моль}$	
$\nu(\text{NH}_3) = 1 \text{ моль}$	
$\nu(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ моль}$	
$\nu(\text{NH}_2\text{COONH}_4) = 0,5 \text{ моль}$	
$\nu((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 0,5 \text{ моль}$	3
$m((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 60 \cdot 0,5 = 30 \text{ г}$	
Максимальный балл	12

ЗАДАНИЕ 8

8.2. Алкилмагнийгалогениды RMgX - реактивы Гриньяра - удивительные соединения, позволяющие получать сложные органические молекулы. Реактивы Гриньяра применяются для целевого синтеза биологически активных молекул, в том числе лекарственных средств.

Присоединение реактивов Гриньяра к альдегидам и кетонам является основным способом получения вторичных и третичных спиртов. Продуктом реакции является алколюлят магния, при гидролизе которого образуется спирт.

Раствор метилового эфира предельной монокарбоновой кислоты в эфире реагирует с этилмагнийбромидом при нагревании. После гидролиза получили с выходом 75% кетон X, который выделили и также нагрели с этилмагнийбромидом в эфире и после гидролиза с выходом 70% был получен спирт Y. В результате дегидратации Y получили алкен, масса которого оказалась в 1,71 раз меньше массы взятого сложного эфира. Определите молекулярную формулу исходного эфира и его структурную формулу. Напишите уравнения реакций.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{RCOOCH}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr} \rightarrow \text{RC}(\text{OCH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)\text{--OMgBr}$	2
$\text{RC}(\text{OCH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)\text{--OMgBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{RC}(\text{C}_2\text{H}_5)=\text{O} + \text{CH}_3\text{OH} + \text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$	2
$\text{RC}(\text{C}_2\text{H}_5)=\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr} \rightarrow \text{RC}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{--OH} + \text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$	2
$\text{RC}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{--OH} \rightarrow \text{RC}(\text{C}_2\text{H}_5)=\text{CH--CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	2
Пусть $\nu(\text{эфира}) = x$; $M(\text{эфира}) = R + 59$ Тогда $\nu(\text{кетона}) = 0,75x$ $\nu(\text{спирта}) = 0,75x \cdot 0,7 = 0,525x$ $M(\text{спирта}) = R + 69$ $x(R + 59) = 1,71 \cdot 0,525x(R + 69)$ $R = 29$ ($-\text{C}_2\text{H}_5$) Сложный эфир $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOCH}_3$ (метилпропионат)	2
Максимальный балл	12

ЗАДАНИЕ 9

9.2. Препараты лития, в частности карбонат лития, применяются в качестве психотропных лекарственных средств – нормотимиков (стабилизаторов настроения) – при лечении аффективных расстройств.

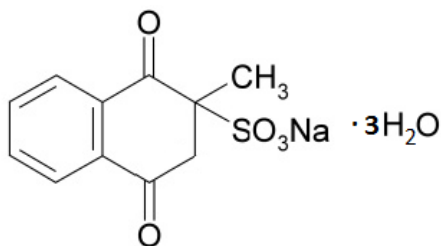
Смесь, содержащую равные количества вещества карбоната лития и нитрата алюминия прокалили на воздухе до постоянной массы. Образовалась смесь газов объемом 4,58л (при температуре 20⁰С и давлении 101кПа). Полученный после прокаливания твердый остаток полностью растворили в 100 мл воды. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$4\text{Li}_2\text{CO}_3 + 4\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 4\text{LiAlO}_2 + 2\text{Li}_2\text{O} + 12\text{NO}_2 + 4\text{CO}_2 + 3\text{O}_2$	2
$v(\text{газов}) = \frac{101 \cdot 4,58}{8,31 \cdot 293} = 0,19 \text{ моль}$	2
$v(\text{LiAlO}_2) = 0,19 \cdot 4/19 = 0,04 \text{ моль}; m(\text{LiAlO}_2) = 0,04 \cdot 66 = 2,64 \text{ г}$	2
$v(\text{Li}_2\text{O}) = 0,19 \cdot 2/19 = 0,02 \text{ моль}; m(\text{Li}_2\text{O}) = 0,02 \cdot 30 = 0,6 \text{ г}$	2
$2\text{LiAlO}_2 + \text{Li}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Li}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 2\text{LiOH}$	2
$m(\text{р-р}) = 2,64 + 0,6 + 100 = 103,24 \text{ г}$	2
$\omega(\text{LiOH}) = 0,04 \cdot 24/103,24 = 0,0093 (0,93\%)$	2
$\omega(\text{Li}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0,04 \cdot 102/103,24 = 0,0395 (3,95\%)$	2
Максимальный балл	14

ЗАДАНИЕ 10

10.2. Витамин К необходим для синтеза белков, обеспечивающих нормальный уровень коагуляции крови. Синтетическим аналогом витамина К является менадион (2-метил-1,4-нафтахинон). В медицине менадион применяется в форме его производного – 2-метил-1,4-нафталендиона натрия сульфоната (викасол):



Количественное определение викасола проводят методом цериметрического титрования. В качестве титранта используется сильный окислитель – сульфат церия (IV) $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$, который восстанавливается в сульфат церия (III), при этом гидрохиноны окисляются до хинонов.

К навеске препарата викасол в виде тригидрата массой 0,300 г добавляют избыток раствора гидроксида натрия и осаждают менадион, экстрагируют его хлороформом, отделяют органический слой и отгоняют хлороформ. Остаток растворяют в уксусной кислоте, добавляют цинковую пыль и оставляют на 30 минут в темном месте для завершения реакции. Фильтруют, и полученный в фильтрате 2-метил-1,4-нафтагидрохинон титруют 0,1М раствором сульфата церия (IV) в присутствии редокс-индикатора (фенантролин). На титрование было израсходовано 17,30 мл раствора титранта. Определите массовую долю викасола в образце препарата. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данной методики.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
	2
	2
$v(\text{Ce}(\text{SO}_4)_2) = 0,1 \cdot 17,30 = 1,73 \text{ ммоль}$ $v(\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{O}_2) = 1,73/2 = 0,865 \text{ ммоль}$ $m(\text{C}_{11}\text{H}_9\text{NaO}_5\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 0,865 \cdot 330,3 = 285,7 \text{ мг}$ $\omega(\text{C}_{11}\text{H}_9\text{NaO}_5\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 285,7/300 = 0,952 (95,2\%)$	4
Максимальный балл	14

ЗАДАНИЕ 1

1.3. Команда исследователей из Кольского научного центра РАН и Санкт-Петербургского университета описала ранее неизвестный науке минерал. Его обнаружили в месторождении Кестёр (Республика Саха). Минерал назвали Сергейсмирновит в честь выдающегося советского ученого, крупнейшего специалиста в области минералогии рудных месторождений, академика Сергея Смирнова. Новый минерал обладает высокой протонной проводимостью, благодаря чему возможно применение его синтетических аналогов для создания сверхъемких аккумуляторов, которые могут использоваться во всех сферах медицинской деятельности, от химических исследований и санаторно-профилактической области до оказания экстренной помощи при проведении хирургических операций.

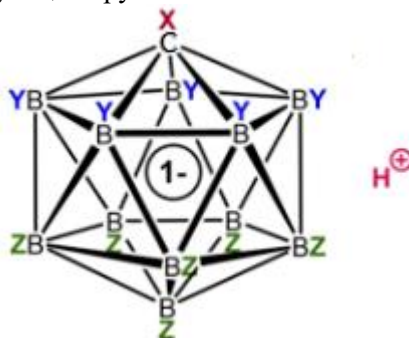
Минерал представляет собой кристаллогидрат состава $\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Установите формулу кристаллогидрата, если проведенный в лаборатории анализ показал, что массовая доля воды в образце составляет 17,31%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 18n / (344 + 18n) = 0,1731$	3
$344 + 18n = 104n$	3
$n = 4$	
Максимальный балл	6

ЗАДАНИЕ 2

2.3. В 2010 году сотрудники Института катализа РАН и Калифорнийского университета совместно синтезировали кислоту, которая в сотни тысяч раз сильнее серной. Все протонсодержащие кислоты сильнее 100%-ной серной кислоты называются «суперкислотами». На сегодняшний день карборановые бороорганические кислоты – самые сильные из суперкислот; они способны протонировать такие вещества, как бензол, фуллерен C_{60} , хлорметан и углекислый газ. Анионы карборановых кислот образуют пространственную структуру икосаэдр. Такая структура - наиболее стабильная из существующих групп атомов:



Массовая доля бора в кислоте равна 35,17%, а массовая доля фтора 60,76%.

Определите молекулярную формулу кислоты.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$M(\text{кислоты}) = 11 \cdot 11 / 0,3517 = 344 \text{ г/моль}$	3
$19n = 344 \cdot 0,6076$	
$n = 11$	
$11 \cdot 11 + 19 \cdot 11 + 12 + x + 1 = 344$	3
$x = 1 \Rightarrow \text{H}(\text{CHB}_{11}\text{F}_{11})$	
Максимальный балл	6

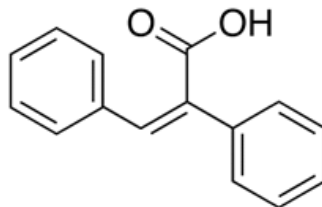
ЗАДАНИЕ 3

3.3. Синтетические аналоги эстрогенов нестероидной природы – гидроксильные производные стильбена (1,2-дифенилэтилена). Обладают выраженным антиоксидантным действием, а также противовоспалительными, противоопухолевыми, нейро- и кардиопротекторными свойствами.

Транс-стильбен можно синтезировать двумя путями:

Реакция 1: При нагревании йодбензола и стирола на катализаторе PdCl_2 , в присутствии ацетата калия и метанола (реакция Мизороки-Хека);

Реакция 2: Декарбоксилированием *Z*- α -фенилкоричной кислоты.



Z- α -фенилкоричная кислота

Напишите схемы реакций. Выход реакции 2 в 1,5 раза меньше, чем выход реакции 1. В обеих реакциях было получено одинаковое количество *транс*-стильбена. Рассчитайте массу йодбензола, вступившего в реакцию, если масса фенилкоричной кислоты 16,8 г.

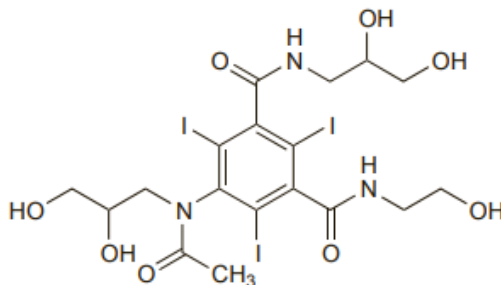
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
	1
	1
$n(\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_2) = 16,8/224 = 0,075 \text{ моль}$ $\eta_2 = x; \eta_1 = 1,5x$ $n(\text{C}_{14}\text{H}_{12}) = 0,075x$ $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{I}) = 0,075x/1,5x = 0,05 \text{ моль}$ $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{I}) = 0,05 \cdot 204 = 10,2 \text{ г}$	3
Максимальный балл	3
	8

ЗАДАНИЕ 4

4.3. Рентгеноконтрастные соединения — это вещества, используемые в рентгенодиагностике для улучшения визуализации внутренних органов и анатомических структур при лучевых методах исследования (рентгеновской компьютерной томографии, ангиографии и урографии). Современные контрастные препараты для внутривенного введения обычно содержат йод и являются производными 2,4,6-трийодбензойной кислоты.

Иоксилан представляет собой неионогенное мономерное йодсодержащее рентгеноконтрастное вещество и является действующим веществом препаратов Урографин, Триомбраст, Тразограф. Препараты иоксилана обычно выпускаются в виде растворов, содержащих 72,7% йоксилана:



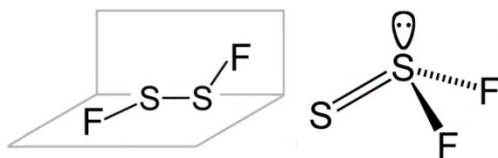
Рассчитайте массу йода, которая попадет в организм человека при внутривенном введении 20 мл такого раствора.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$M(C_{18}H_{24}I_3N_3O_8) = 791 \text{ г/моль}$	2
$\omega(I) = 127 \cdot 3 / 791 = 0,4817$	2
В 1 мл раствора – 727 мг йоксилана	
$m(I) = 727 \cdot 0,4817 = 350 \text{ мг} - \text{в } 1 \text{ мл}$	2
$m(I) = 350 \cdot 20 = 7000 \text{ мг} = 7 \text{ г}$	2
Максимальный балл	8

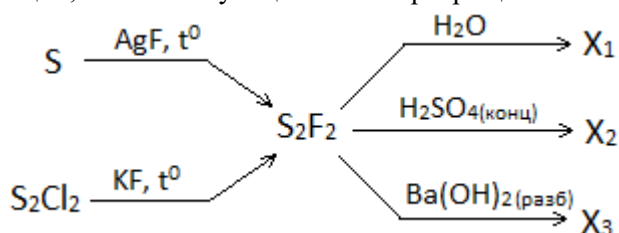
ЗАДАНИЕ 5

5.3. Дифторид дисеры (S_2F_2) существует в виде двух изомеров – неустойчивого F-S-S-F и устойчивого S=SF₂:



Это редкое явление для веществ неорганической природы.

Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:



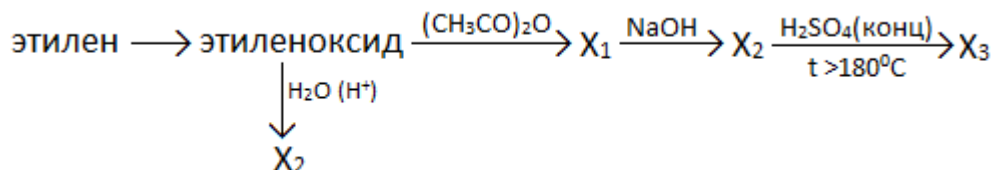
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$3S + 2AgF \rightarrow S_2F_2 + Ag_2S$	2
$S_2Cl_2 + 2KF \rightarrow S_2F_2 + 2KCl$	2
$2S_2F_2 + 2H_2O \rightarrow SO_2 + 3S + 4HF$	2
$S_2F_2 + 3H_2SO_{4(конц)} \rightarrow 5SO_2 + 2HF + 2H_2O$	2
$2S_2F_2 + 3Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_3 + 3S + 2BaF_2 + 3H_2O$	2
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 6

6.3. В медицинской и лабораторной практике используют этиленгликоль и другие многоатомные спирты в качестве криопротекторов — веществ, защищающих живые объекты от повреждающего действия замораживания. Криопротекторы используют при криоконсервации — низкотемпературном хранении клеточных культур, крови, эмбрионов, изолированных органов и других биологических объектов.

Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:



Реакция получения вещества X_3 – внутримолекулярная дегидратация

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{O}_{2(\text{кат Ag})} \rightarrow 2(\text{CH}_2)_2\text{O}$	2
$(\text{CH}_2)_2\text{O} + (\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{O}-\text{CO}-\text{CH}_3$	2
$\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{O}-\text{CO}-\text{CH}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$	2
$\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2\text{O}$	2
$(\text{CH}_2)_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$	2
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 7

7.3. Карбамид (мочевина) – полный амид угольной кислоты $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. В медицинской практике карбамид используется в дерматологии, растворяя белок кератин, увлажняет кожу, предохраняя роговой слой эпидермиса от пересыхания, а также используется в качестве осмотического диуретика, в частности, в терапии отека мозга и глаукомы; применяется в качестве пищевой добавки.

Получение мочевины из цианата аммония (NH_4CNO) – реакция Вёлера – первый синтез органического вещества из неорганического вне живого организма.

Циановодородная (синильная) кислота реагирует с хлором в растворе в присутствии катализатора Al_2O_3 с образованием циановой кислоты. Молярное соотношение синильной кислоты и хлора 3:2, при этом образовалась смесь кислот, содержащая $3,431 \cdot 10^{24}$ атомов. К выделенной из раствора циановой кислоте добавили избыток раствора аммиака и при упаривании раствора получили карбамид. Рассчитайте массу полученного карбамида, напишите уравнения реакций. Выходы всех реакций считать равными 100%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{HCN} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCNO} + 2\text{HCl}$	2
$\text{HCNO} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{CNO}$	2
$\text{NH}_4\text{CNO} \rightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO}$	2
$\nu(\text{атомов}) = 3,431 \cdot 10^{24} / 6,02 \cdot 10^{23} = 5,7$ моль	3
Пусть $\nu(\text{HCN}) = 3x$; $\nu(\text{Cl}_2) = 2x$,	
тогда $\nu(\text{HCN})_{\text{ост}} = x$; $\nu(\text{HCNO}) = 2x$; $\nu(\text{HCl}) = 4x$	
$3x + 8x + 8x = 5,7$	
$x = 0,3$	
$\nu(\text{HCNO}) = 2 \cdot 0,3 = 0,6$ моль	3
$\nu((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 0,6$ моль	
$m((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 60 \cdot 0,6 = 36$ г	
Максимальный балл	12

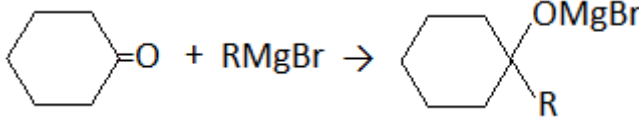
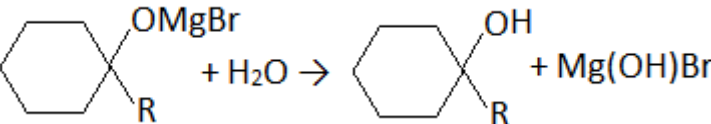
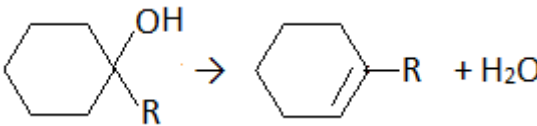
ЗАДАНИЕ 8

8.3. Алкилмагнийгалогениды RMgX - реактивы Гриньяра - удивительные соединения, позволяющие получать сложные органические молекулы. Реактивы Гриньяра применяются для целевого синтеза биологически активных молекул, в том числе лекарственных средств.

Присоединение реактивов Гриньяра к альдегидам и кетонам является основным способом получения вторичных и третичных спиртов. Продуктом реакции является алкоголят магния, при гидролизе которого образуется спирт.

К раствору бромалкана в эфире добавили магниевую стружку и нагрели. К полученному алкилмагнийбромиду прилили раствор циклогексанона в эфире и прокипятили смесь. После гидролиза с выходом 62% образовалось органическое вещество X, которое выделили и нагрели с концентрированной серной кислотой. В результате дегидратации получили циклоалкен (выход больше 80%), масса которого оказалась в 1,597 раз меньше массы взятого кетона. Определите структурную формулу полученного циклоалкена и рассчитайте выход реакции дегидратации. Напишите уравнения реакций.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{RBr} + \text{Mg} \rightarrow \text{RMgBr}$	1
	1
	1
	1
Пусть $\nu(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}) = 1$ моль, тогда $m(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}) = 98$ г $m(\text{циклоалкена}) = 98/1,597 = 61,365$ г $M(\text{циклоалкена}) = R + 81$ Пусть выход второй реакции $\eta = x$ ($0,8 < x < 1$) $\nu(\text{циклоалкена}) = 0,62x$ $0,62x(R + 81) = 61,365$ $x = 99/(R + 81)$ $99/(R + 81) > 0,8$ $99/(R + 81) < 1$ $R < 42,7$ $R > 18$ Подходит только $R = 29$ ($-\text{C}_2\text{H}_5$) циклоалкен – 1-этилциклогексен Выход реакции: $x = 99/(29 + 81) = 0,9$ (90%)	2 2 2 2
Максимальный балл	12

ЗАДАНИЕ 9

9.3. Препараты лития, в частности карбонат лития, применяются в качестве психотропных лекарственных средств – нормотимиков (стабилизаторов настроения) – при лечении аффективных расстройств.

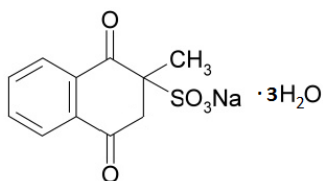
Смесь, содержащую равные количества вещества карбоната лития и нитрата цинка прокалили на воздухе до постоянной массы. Образовалась смесь газов объемом 4,21 л (при температуре 20⁰С и давлении 101,2кПа). Полученный после прокаливания твердый остаток полностью растворили в 100 мл 12%-ной соляной кислоты (плотность 1,08 г/мл). Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{Li}_2\text{CO}_3 + 2\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Li}_2\text{ZnO}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{CO}_2 + \text{O}_2$	2
$v(\text{газов}) = \frac{101,2 \cdot 4,21}{8,31 \cdot 293} = 0,175 \text{ моль}$	2
$v(\text{Li}_2\text{ZnO}_2) = 0,175 \cdot 2/7 = 0,05 \text{ моль}; m(\text{Li}_2\text{ZnO}_2) = 0,05 \cdot 111 = 5,55 \text{ г}$	2
$\text{Li}_2\text{ZnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + 2\text{LiCl} + 2\text{H}_2\text{O}$	2
$v(\text{HCl}) = 100 \cdot 1,08 \cdot 0,12/36,5 = 0,355 \text{ моль}$	2
$m(\text{р-р}) = 5,55 + 100 \cdot 1,08 = 113,55 \text{ г}$	2
$\omega(\text{LiCl}) = 0,1 \cdot 42,5/113,55 = 0,037 (3,7\%)$	2
$\omega(\text{ZnCl}_2) = 0,05 \cdot 136/113,55 = 0,06 (6\%)$	2
$\omega(\text{HCl}) = (0,355 - 0,2) \cdot 36,5/113,55 = 0,05 (5\%)$	2
Максимальный балл	14

ЗАДАНИЕ 10

10.3. Витамин К необходим для синтеза белков, обеспечивающих нормальный уровень коагуляции крови. Синтетическим аналогом витамина К является менадион (2-метил-1,4-нафтахинон). В медицине менадион применяется в форме его производного – 2-метил-1,4-нафталендиона натрия сульфоната (викасол):



Количественное определение викасола проводят методом цериметрического титрования. В качестве титранта используется сильный окислитель – сульфат церия (IV) $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$, который восстанавливается в сульфат церия (III), при этом гидрохиноны окисляются до хинонов.

К навеске препарата викасол в виде тригидрата массой 0,2800 г добавляют избыток раствора гидроксида натрия и осаждают менадион, экстрагируют его хлороформом, отделяют органический слой и отгоняют хлороформ. Остаток растворяют в уксусной кислоте, добавляют цинковую пыль и оставляют на 30 минут в темном месте для завершения реакции. Фильтруют, и полученный в фильтрате 2-метил-1,4-нафтагидрохинон титруют 0,1М раствором сульфата церия (IV) в присутствии редокс-индикатора (фенантролин). На титрование было израсходовано 16,45 мл раствора титранта. Определите массовую долю викасола в образце препарата. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данной методики.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
	2
	2
	2
$v(\text{Ce}(\text{SO}_4)_2) = 0,1 \cdot 16,45 = 1,645 \text{ ммоль}$ $v(\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{O}_2) = 1,645/2 = 0,8225 \text{ ммоль}$ $m(\text{C}_{11}\text{H}_9\text{NaO}_5\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 0,8225 \cdot 330,3 = 271,7 \text{ мг}$ $\omega(\text{C}_{11}\text{H}_9\text{NaO}_5\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 271,7/280 = 0,970 (97\%)$	4
Максимальный балл	4
	14

ЗАДАНИЕ 1

1.4. Команда исследователей из Кольского научного центра РАН и Санкт-Петербургского университета описала ранее неизвестный науке минерал. Его обнаружили в месторождении Кестёр (Республика Саха). Минерал назвали Сергейсмирновит в честь выдающегося советского ученого, крупнейшего специалиста в области минералогии рудных месторождений, академика Сергея Смирнова. Новый минерал обладает высокой протонной проводимостью, благодаря чему возможно применение его синтетических аналогов для создания сверхъёмких аккумуляторов, которые могут использоваться во всех сферах медицинской деятельности, от химических исследований и санаторно-профилактической области до оказания экстренной помощи при проведении хирургических операций.

Минерал представляет собой кристаллогидрат состава $\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Установите формулу кристаллогидрата, если проведенный в лаборатории анализ показал, что массовая доля атомарного кислорода в образце составляет 46,15 %.

РЕШЕНИЕ

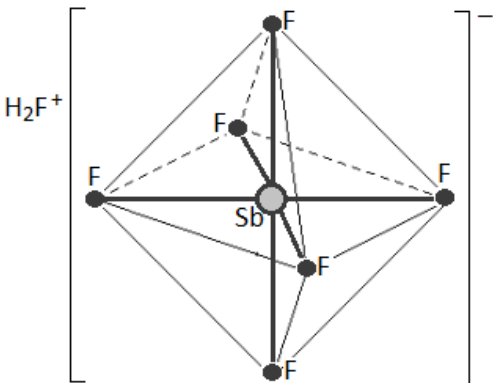
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\omega(\text{O}) = \frac{16(8+n)}{344 + 18n} = 0,4615$	3
$7,693n = 30,756$	3
$n = 4$	
Максимальный балл	6

ЗАДАНИЕ 2

2.4. Фторантимоновая кислота является одной из самых сильных кислот (суперкислотой). Суперкислоты (открыты Дж.Ола, Нобелевская премия по химии, 1994 г) используются для протонирования органических веществ и получения «неклассических» карбкатионов.

Молекулярная масса фторантимоновой кислоты равна 257. Массовая доля сурьмы 47,47%, а масса атомов фтора в 66,5 раз больше, чем масса атомов водорода. Определите молекулярную формулу кислоты, изобразите ее структурную формулу, если известно, что она содержит ион фторония, а анион кислоты имеет октаэдрическое строение.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$N(\text{Sb}) = 257 \cdot 0,4747 / 122 = 1$ H_nSbF_x $m(\text{F}) = 66,5n$ $x = 66,5n / 19 = 3,5n$ $n + 3,5n \cdot 19 = 257 - 122$ $67,5n = 135$ $n = 2$ $\text{H}_2\text{SbF}_7 (\text{H}_2\text{F}^+ \text{SbF}_6^-)$	3
	3
Максимальный балл	6

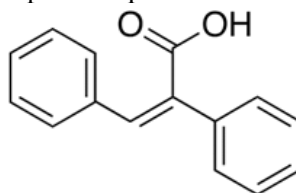
ЗАДАНИЕ 3

3.4. Синтетические аналоги эстрогенов нестероидной природы – гидроксильные производные стильбена (1,2-дифенилэтилена). Обладают выраженным антиоксидантным действием, а также противовоспалительными, противоопухолевыми, нейро- и кардиопротекторными свойствами.

Транс-стильбен можно синтезировать двумя путями:

Реакция 1: При нагревании йодбензола и стирола на катализаторе PdCl_2 , в присутствии ацетата калия и метанола (реакция Мизороки-Хека);

Реакция 2: Декарбоксилированием *Z*- α -фенилкоричной кислоты.



Z- α -фенилкоричная кислота

Напишите схемы реакций. Выход реакции 1 в 1,8 раз больше, чем выход реакции 2. В реакции 2 было получено в 2 раза больше *транс*-стильбена, чем в реакции 1. Рассчитайте массу стирола, вступившего в реакцию, если масса фенилкоричной кислоты 78,4 г.

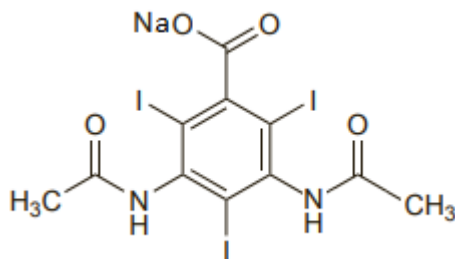
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
	1
	1
$\begin{aligned} \nu(\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_2) &= 78,4/224 = 0,35 \text{ моль} \\ \eta_2 &= x; \eta_1 = 1,8x \\ \nu_2(\text{C}_{14}\text{H}_{12}) &= 0,35x \\ \nu_1(\text{C}_{14}\text{H}_{12}) &= 0,35x / 2 = 0,175x \\ \nu(\text{C}_8\text{H}_8) &= 0,175x / 1,8x = 0,0972 \text{ моль} \\ m(\text{C}_8\text{H}_8) &= 0,0972 \cdot 104 = 10,1 \text{ г} \end{aligned}$	3
Максимальный балл	3
	8

ЗАДАНИЕ 4

4.4. Рентгеноконтрастные соединения — это вещества, используемые в рентгенодиагностике для улучшения визуализации внутренних органов и анатомических структур при лучевых методах исследования (рентгеновской компьютерной томографии, ангиографии и урографии). Современные контрастные препараты для внутривенного введения обычно содержат йод и являются производными 2,4,6-трийодбензойной кислоты.

Амидотризоевая кислота представляет собой ионное мономерное йодсодержащее рентгеноконтрастное вещество. Препараты амидотризоевой кислоты обычно выпускаются в виде раствора, содержащего 60% амидотризоата натрия:



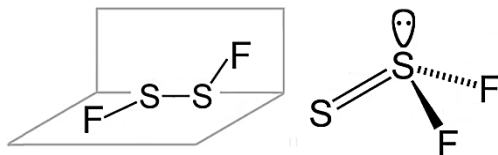
Рассчитайте массу йода, которая попадет в организм человека при внутривенном введении 40 мл такого раствора.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$M(C_{11}H_8I_3N_2NaO_4) = 636 \text{ г/моль}$	2
$\omega(I) = 127 \cdot 3 / 636 = 0,599$	2
В 1 мл раствора – 600 мг амидотризоата натрия	
$m(I) = 600 \cdot 0,599 = 359,4 \text{ мг} - \text{в } 1 \text{ мл}$	2
$m(I) = 359,4 \cdot 40 = 14376 \text{ мг} \approx 14,4 \text{ г}$	2
Максимальный балл	8

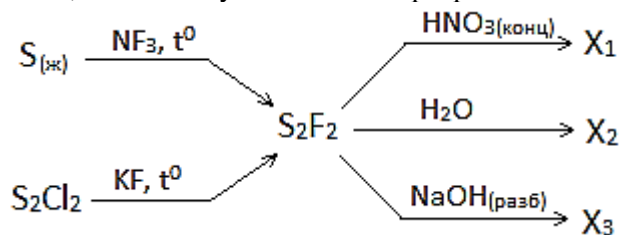
ЗАДАНИЕ 5

5.4. Дифторид дисеры (S_2F_2) существует в виде двух изомеров – неустойчивого F-S-S-F и устойчивого S=SF₂:



Это редкое явление для веществ неорганической природы.

Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:



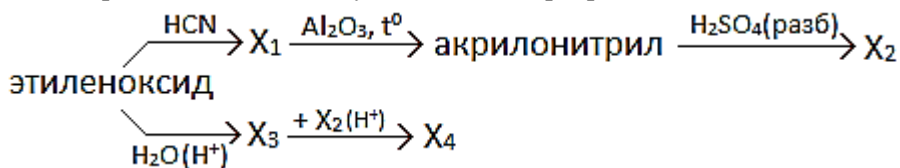
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$S + NF_3 \rightarrow S_2F_2 + NSF$	2
$S_2Cl_2 + 2KF \rightarrow S_2F_2 + 2KCl$	2
$S_2Cl_2 + 10HNO_3 \rightarrow 2H_2SO_4 + 10NO_2 + 2HF + 2H_2O$	2
$2S_2F_2 + 2H_2O \rightarrow SO_2 + 3S + 4HF$	2
$2S_2F_2 + 6NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + 3S + 4NaF + 3H_2O$	2
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 6

6.4. В медицинской и лабораторной практике используют этиленгликоль и другие многоатомные спирты в качестве криопротекторов — веществ, защищающих живые объекты от повреждающего действия замораживания. Криопротекторы используют при криоконсервации — низкотемпературном хранении клеточных культур, крови, эмбрионов, изолированных органов и других биологических объектов.

Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:



Реакция получения вещества X_4 – реакция этерификации

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$(\text{CH}_2)_2\text{O} + \text{HCN} \rightarrow \text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CN}$	2
$\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CN} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN} + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN} + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH} + \text{NH}_4\text{HSO}_4$	2
$(\text{CH}_2)_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$	2
$\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH} + 2\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}(\text{O})\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{O}-\text{CO}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	2
Максимальный балл	10

ЗАДАНИЕ 7

7.4. Карбамид (мочевина) – полный амид угольной кислоты $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. В медицинской практике карбамид используется в дерматологии, растворяя белок кератин, увлажняет кожу, предохраняя роговой слой эпидермиса от пересыхания, а также используется в качестве осмотического диуретика, в частности, в терапии отека мозга и глаукомы; применяется в качестве пищевой добавки.

Получение мочевины из цианата аммония (NH_4CNO) – реакция Вёлера – первый синтез органического вещества из неорганического вне живого организма.

Циановодородная (синильная) кислота реагирует с хлором в растворе в присутствии катализатора Al_2O_3 образованием циановой кислоты. Молярное соотношение синильной кислоты и хлора 2:1, при этом образовалась смесь кислот, содержащая $1,99 \cdot 10^{24}$ атомов. К выделенной из раствора циановой кислоте добавили избыток раствора аммиака и при упаривании раствора получили карбамид. Рассчитайте массу полученного карбамида, напишите уравнения реакций. Выходы всех реакций считать равными 100%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{HCN} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCNO} + 2\text{HCl}$	2
$\text{HCNO} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{CNO}$	2
$\text{NH}_4\text{CNO} \rightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO}$	2
$\nu(\text{атомов}) = 1,99 \cdot 10^{24} / 6,02 \cdot 10^{23} = 3,3 \text{ моль}$ Пусть $\nu(\text{HCN}) = 2x$; $\nu(\text{Cl}_2) = x$, тогда $\nu(\text{HCN})_{\text{ост}} = x$; $\nu(\text{HCNO}) = x$; $\nu(\text{HCl}) = 2x$ $3x + 4x + 4x = 3,3$ $x = 0,3$ $\nu(\text{HCNO}) = 0,3 \text{ моль}$ $\nu((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 0,3 \text{ моль}$ $m((\text{NH}_2)_2\text{CO}) = 60 \cdot 0,3 = 18 \text{ г}$	3
Максимальный балл	12

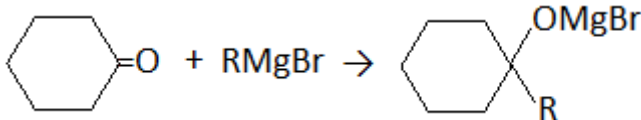
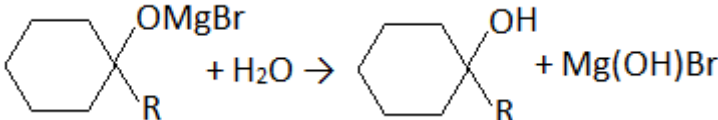
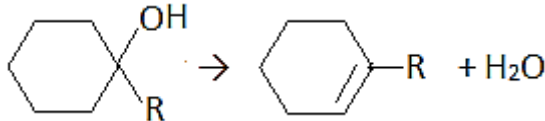
ЗАДАНИЕ 8

8.4. Алкилмагниггалогениды RMgX - реактивы Гриньяра - удивительные соединения, позволяющие получать сложные органические молекулы. Реактивы Гриньяра применяются для целевого синтеза биологически активных молекул, в том числе лекарственных средств.

Присоединение реактивов Гриньяра к альдегидам и кетонам является основным способом получения вторичных и третичных спиртов. Продуктом реакции является алкоголят магния, при гидролизе которого образуется спирт.

К раствору бромалкана в эфире добавили магниевую стружку и нагрели. К полученному алкилмагнигбромиду прилили раствор циклогексанона в эфире и прокипятили смесь. После гидролиза с выходом 60% образовалось органическое вещество X, которое выделили и нагрели с концентрированной серной кислотой. В результате дегидратации получили циклоалкен (выход больше 85%), масса которого оказалась в 1,4475 раз меньше массы взятого кетона. Определите структурную формулу полученного циклоалкена и рассчитайте выход реакции дегидратации. Напишите уравнения реакций.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{RBr} + \text{Mg} \rightarrow \text{RMgBr}$	1
	1
	1
	1
Пусть $\nu(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}) = 1$ моль, тогда $m(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}) = 98$ г $m(\text{циклоалкена}) = 98/1,4475 = 67,7$ г $M(\text{циклоалкена}) = R + 81$ Пусть выход второй реакции $\eta = x$ ($0,85 < x < 1$) $\nu(\text{циклоалкена}) = 0,6x$ $0,6x(R + 81) = 67,7$ $x = 112,8/(R + 81)$ $112,8/(R + 81) > 0,85$ $112,8/(R + 81) < 1$ $R < 51,7$ $R > 31,8$ Подходит только $R = 43$ ($-\text{C}_3\text{H}_7$) циклоалкен – 1-пропилциклогексен Выход реакции: $x = 112,8/(43 + 81) = 0,91$ (91%)	2 2 2 2
Максимальный балл	12

ЗАДАНИЕ 9

9.4. Препараты лития, в частности карбонат лития, применяются в качестве психотропных лекарственных средств – нормотимиков (стабилизаторов настроения) – при лечении аффективных расстройств.

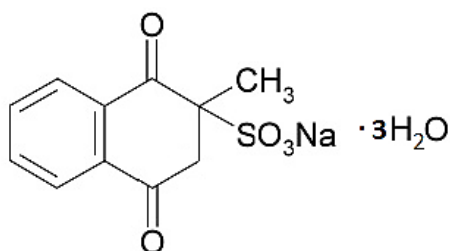
Смесь, содержащую равные количества вещества карбоната лития и нитрата цинка прокалили на воздухе до постоянной массы. Образовалась смесь газов объемом 5,2л (при температуре 25⁰С и давлении 100кПа). Полученный твердый остаток полностью растворили в 112 мл 15%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,05 г/мл). Определите массовые доли солей в полученном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{Li}_2\text{CO}_3 + 2\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Li}_2\text{ZnO}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{CO}_2 + \text{O}_2$	2
$v(\text{газов}) = \frac{100 \cdot 5,2}{8,31 \cdot 298} = 0,21 \text{ моль}$	2
$v(\text{Li}_2\text{ZnO}_2) = 0,21 \cdot 2/7 = 0,06 \text{ моль}; m(\text{Li}_2\text{ZnO}_2) = 0,06 \cdot 111 = 6,66 \text{ г}$	2
$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 112 \cdot 1,05 \cdot 0,15/98 = 0,18 \text{ моль}$	2
$\text{Li}_2\text{ZnO}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + 2\text{LiHSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	2
$m(\text{р-р}) = 6,66 + 112 \cdot 1,05 = 124,26 \text{ г}$	2
$\omega(\text{ZnSO}_4) = 0,06 \cdot 161/124,26 = 0,0777 (7,77\%)$	2
$\omega(\text{LiHSO}_4) = 0,12 \cdot 104/124,26 = 0,100 (10\%)$	2
Максимальный балл	14

ЗАДАНИЕ 10

10.4. Витамин К необходим для синтеза белков, обеспечивающих нормальный уровень коагуляции крови. Синтетическим аналогом витамина К является менадион (2-метил-1,4-нафтахинон). В медицине менадион применяется в форме его производного – 2-метил-1,4-нафталендиона натрия сульфоната (викасол):



Количественное определение викасола проводят методом цериметрического титрования. В качестве титранта используется сильный окислитель – сульфат церия (IV) $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$, который восстанавливается в сульфат церия (III), при этом гидрохиноны окисляются до хинонов.

К навеске препарата викасол в виде тригидрата массой 0,3440 г добавляют избыток раствора гидроксида натрия и осаждают менадион, экстрагируют его хлороформом, отделяют органический слой и отгоняют хлороформ. Остаток растворяют в уксусной кислоте, добавляют цинковую пыль и оставляют на 30 минут в темном месте для завершения реакции. Фильтруют, и полученный в фильтрате 2-метил-1,4-нафтагидрохинон титруют 0,1М раствором сульфата церия (IV) в присутствии редокс-индикатора (фенантролин). На титрование было израсходовано 20,00 мл раствора титранта. Определите массовую долю викасола в образце препарата. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данной методики.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
	2
	2
	2
$v(\text{Ce}(\text{SO}_4)_2) = 0,1 \cdot 20,00 = 2,00 \text{ ммоль}$ $v(\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{O}_2) = 2,00/2 = 1,00 \text{ ммоль}$ $m(\text{C}_{11}\text{H}_9\text{NaO}_5\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 330,3 = 330,3 \text{ мг}$ $\omega(\text{C}_{11}\text{H}_9\text{NaO}_5\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 330,3/344 = 0,960 (96\%)$	4
	4
Максимальный балл	14

Задание 1

1.1. Команда исследователей из Кольского научного центра Российской академии наук и Санкт-Петербургского госуниверситета описала ранее неизвестный науке минерал. Его обнаружили в месторождении Кестёр (Республика Саха). Минерал получил имя сергейсмирновит в честь выдающегося советского ученого, крупнейшего специалиста в области минералогии рудных месторождений члена Академии наук СССР Сергея Смирнова. Исследователи предположили, что новый минерал может обладать хорошей протонной проводимостью. Благодаря этому синтетические аналоги сергейсмирновита возможно будет применять в качестве основы для создания сверхъёмких аккумуляторов, которые могут использоваться во всех сферах и направлениях медицинской деятельности, от химических исследований и санаторно-профилактической области до оказания экстренной помощи при проведении хирургических операций.

Взятый на анализ образец породы месторождения из Верхоянского улуса содержит сергейсмирновит ($\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) и ауеглит ($\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{PO}_4$)

Анализ показал, что смесь содержит $7,6454 \cdot 10^{23}$ атомов кислорода и $1,2642 \cdot 10^{23}$ атомов фосфора. Рассчитайте массу образца.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\begin{aligned} \nu(\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) &= X & \nu(\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{PO}_4) &= Y \\ \nu(\text{O}) &= 12X & \nu(\text{O}) &= 7Y \\ \nu(\text{P}) &= 2X & \nu(\text{P}) &= Y \\ \sum \nu(\text{O}) &= \frac{N(\text{O})}{N_A} = \frac{7,6454 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,27 \\ \sum \nu(\text{P}) &= \frac{N(\text{P})}{N_A} = \frac{1,2642 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,21 \\ \begin{cases} 12X + 7Y = 1,27 \\ 2X + Y = 0,21 \end{cases} & & Y &= 0,21 - 2X \\ 12X + 7(0,21 - 2X) &= 1,27 \\ 12X + 1,47 - 14X &= 1,27 \\ 0,2 &= 2X \\ X &= 0,1 \\ Y &= 0,01 \end{aligned}$	3
$\begin{aligned} m(\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) &= M \cdot \nu = 416 \cdot 0,1 = 41,6 \\ m(\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{PO}_4) &= M \cdot \nu = 200 \cdot 0,01 = 2 \\ \sum m_{\text{обр}} &= 43,6 \end{aligned}$	3
Максимальный балл	6

Задание 2

2.1. Для лечения кандидозов применяют лекарственный препарат, который получают путём растворения кристаллогидрата тетрабората натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в глицерине. Вычислите массовую долю глицерина в исходном лекарственном препарате, если массовая доля атомов водорода в препарате составляет 8%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Пусть $n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = x$ моль, а $n(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = y$ моль, тогда $\begin{array}{l} x \text{ моль} \qquad \qquad 20x \text{ моль} \\ \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow 20\text{H} \\ y \text{ моль} \qquad \qquad 8y \text{ моль} \\ \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \rightarrow 8\text{H} \end{array}$ Примем, что масса лекарственного препарата равна 100 г, следовательно $\begin{cases} 382x + 92y = 100 \\ 20x + 8y = 8 \end{cases} ; \begin{cases} x = \frac{1}{19} \\ y = \frac{33}{38} \end{cases}$	3
$m(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = n \cdot M = 92y = \frac{33}{38} \cdot 92 = 79,895 \text{ г}$ $\omega(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = m(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) / m(\text{препарата}) = 79,895 / 100 = 0,8 \text{ (80\%)}$	3
Максимальный балл	6

Задание 3

3.1. Акриловая и метакриловая кислоты являются основными мономерами при изготовлении полимерных стоматологических конструкционных изделий.

Акриловую и метакриловую кислоты растворили в смеси органических растворителей, состоящей из циклогексана и гептана. Масса раствора составила 111,9 г. Такая же смесь органических кислот способна обесцветить 83,333 мл нейтрального раствора с концентрацией перманганата калия 1,2 М при низкой температуре. Смесь растворителей такого же состава, который был использован для растворения кислот, сожгли, а продукты сгорания пропустили последовательно через трубку с оксидом фосфора (V) и колбу с избытком раствора кальция гидроксида. Масса трубки увеличилась на 136,8 г, а масса осадка в колбе составила 710 г. Рассчитайте массовые доли веществ в исходном растворе, а также массу PCl_5 , которая может прореагировать с количественно выделенными из исходной смеси кислотами.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$3\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOH} + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{0^\circ\text{C}} 3\text{HO-CH}_2\text{-C}(\text{OH})\text{-CH}_3 + 2\text{MnO}_2\downarrow + 2\text{KOH}$ $3\text{CH}_2=\text{CH-COOH} + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{0^\circ\text{C}} 2\text{HO-CH}_2\text{-CH}(\text{OH})\text{-COOK} + \text{HO-CH}_2\text{-CH}(\text{OH})\text{-COOH} + 2\text{MnO}_2\downarrow$ $\text{C}_6\text{H}_{12} + \text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_7\text{H}_{16} + \text{O}_2 \rightarrow 7\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ $\text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{CH}_2=\text{CH-COOH} + \text{PCl}_5 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH-COCl} + \text{HCl} + \text{POCl}_3$ $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOH} + \text{PCl}_5 \rightarrow \text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COCl} + \text{HCl} + \text{POCl}_3$ $\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}) = X \quad \nu(\text{CO}_2) = 6X \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = 6X$ $\nu(\text{C}_7\text{H}_{16}) = Y \quad \nu(\text{CO}_2) = 7Y \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = 8Y$ $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{136,8}{18} = 7,6$ $6X + 8Y = 7,6$ $\nu(\text{CaCO}_3) = \frac{710}{100} = 7,1$ $\nu(\text{CO}_2) = 7,1$ $6X + 7Y = 7,1$ $6X = 7,1 - 7Y$ $7,1 - 7Y + 8Y = 7,6$ $Y = 0,5$ $X = 0,6$	2

$m(C_6H_{12}) = 0,6 \cdot 84 = 50,4$ $m(C_7H_{16}) = 0,5 \cdot 100 = 50$ $m(\text{кислот}) = \sum m - m(C_5H_{10}) - m(C_7H_{16}) = 111,9 - 50,4 - 50 = 11,5$ $\nu(C_4H_6O_2) = a \quad m(C_4H_6O_2) = 86a$ $\nu(C_3H_4O_2) = b \quad m(C_3H_4O_2) = 72b$ $86a + 72b = 11,5$ $\nu(KMnO_4) = C \cdot V = 1,2 \cdot 0,083333 = 0,09999 = 0,1 \text{ моль}$ $\nu(KMnO_4)_1 = \frac{2}{3} \nu(C_4H_6O_2) = \frac{2}{3}a$ $\nu(KMnO_4)_2 = \frac{2}{3} \nu(C_3H_4O_2) = \frac{2}{3}b$ $\frac{2}{3}a + \frac{2}{3}b = 0,1$ $2a + 2b = 0,3$ $a + b = 0,15$ $\left[\begin{array}{l} 86a + 72b = 11,5 \\ a + b = 0,15 \end{array} \right.$ $\left[\begin{array}{l} 86a + 72b = 11,5 \\ a = 0,15 - b \end{array} \right.$ $\left[\begin{array}{l} 86(0,15 - b) + 72b = 11,5 \\ a = 0,15 - b \end{array} \right.$ $12,9 - 86b + 72b = 11,5$ $1,4 = 14b$ $a = 0,05; \quad b = 0,1$	2
$m(C_4H_6O_2) = 86 \cdot 0,05 = 4,3$ $m(C_3H_4O_2) = 72 \cdot 0,1 = 7,2$ $\omega(C_4H_6O_2) = \frac{4,3}{111,9} = 3,84\%$ $\omega(C_3H_4O_2) = \frac{7,2}{111,9} = 6,43\%$ $\omega(C_5H_{10}) = \frac{50,4}{111,9} = 45,0\%$ $\omega(C_7H_{16}) = \frac{50}{111,9} = 44,68\%$ $\nu(PCl_5) = 0,1 + 0,05 = 0,15$ $m(PCl_5) = 208,5 \cdot 0,15 = 31,3$	2
Максимальный балл	8

Задание 4

4.1. Лекарственный препарат, относящийся к группе аномальных нуклеозидов, обладает эффективным действием в отношении вирусов герпеса, ветрянки и гепатита. Для гравиметрического анализа навеску лекарственного препарата массой 267 мг подвергли полной минерализации путём длительного кипячения с концентрированной азотной кислотой. В результате получили 400 мг нитрата аммония, 249 мл углекислого газа, 746 мл оксида азота(IV) (давление 99725 Па, температура 25°C) и 0,252 мл воды. Сделайте допущение, что все атомы азота, находящиеся в составе неизвестного органического вещества, после окончания минерализации оказались в катионах аммония. Найдите молекулярную формулу искомого лекарственного препарата. Укажите суммарное число электронов всех атомов, которые содержатся в одном моле исходного лекарственного препарата.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$C_xH_yO_zN_a + HNO_3(\text{конц.}) \rightarrow NH_4NO_3 + CO_2 + NO_2 + H_2O$ Для решения задачи сделаем важное допущение, что весь азот органического вещества перешёл в ионы аммония. $n(C) = n(CO_2) = p \cdot V / R \cdot T = 99725 \cdot 2,49 \cdot 10^{-4} / 8,314 \cdot 298 = 0,01 \text{ моль}$ $n(N) = n(NH_4NO_3) = m / M = 0,4 / 80 = 0,005 \text{ моль}$ Содержание атомов водорода найдем, используя закон сохранения массы (масса атомов водорода до и после реакции должны быть одинаковы) $n(NO_2) = n_1(HNO_3) = p \cdot V / R \cdot T = 99725 \cdot 7,46 \cdot 10^{-4} / 8,314 \cdot 298 = 0,03 \text{ моль}$ $n_2(HNO_3) = n(NH_4NO_3) = 0,005 \text{ моль}$ $n(HNO_3) = n_1 + n_2 = 0,03 + 0,005 = 0,035 \text{ моль}$ Пусть $n(H)$ в органическом веществе равен y моль, тогда $n(H) \text{ в } HNO_3 = n(HNO_3) = 0,035 \text{ моль}$ $n(H) \text{ в } NH_4NO_3 = 4n(NH_4NO_3) = 4 \cdot 0,005 = 0,02 \text{ моль}$ $n(H) \text{ в } H_2O = 2n(H_2O) = 2m / M = 2 \cdot 0,252 / 18 = 0,028 \text{ моль.}$ Составляем равенство: $y + 0,035 = 0,02 + 0,028$ $y = 0,013$	2
Найдена масса атомов кислорода в лекарственном препарате: $m(O) = m(\text{в-ва}) - m(C) - m(H) - m(N) = 0,267 - (12 \cdot 0,01) - (1 \cdot 0,013) - (14 \cdot 0,005) = 0,064 \text{ г}$ $n(O) = m / M = 0,064 / 16 = 0,004 \text{ моль}$	2
Найдена молекулярная формула: $n(C) : n(H) : n(N) : n(O) = 0,01 \text{ моль} : 0,013 \text{ моль} : 0,005 \text{ моль} : 0,004 \text{ моль} =$ $= 2,5 : 3,25 : 1,25 : 1 = 10 : 13 : 5 : 4$ $C_{10}H_{13}N_5O_4$	2
Найдено суммарное число электронов всех атомов, которые содержатся в одном моле исходного лекарственного препарата. В 1 моле $C_{10}H_{13}N_5O_4$ содержится $n(\bar{e}) = (6 \cdot 10) + (13 \cdot 1) + (5 \cdot 7) + (4 \cdot 8) = 140 \text{ моль}$	2
Максимальный балл	8

Задание 5

5.1. Арсенат натрия – натриевая соль мышьяковой кислоты – использовался в медицине как общеукрепляющее и тонизирующее средство при неврозах, легких формах анемии и псориазе.

При обработке арсената натрия серной кислотой в присутствии гранул цинка получен газ, при смешивании которого с фосфином получена газовая смесь с плотностью по аргону 1,2167. Газовая смесь была обработана раствором калия перманганата в серной кислоте. Смесь кислот, количественно выделенная из продуктов реакции, при добавлении нитрата серебра образует 130,1 г осадка. Рассчитайте исходную массу арсената натрия, а также массу простого вещества, которая может быть получена при взаимодействии такой массы арсената с калия иодидом в среде хлороводородной кислоты. Напишите уравнения всех указанных реакций.

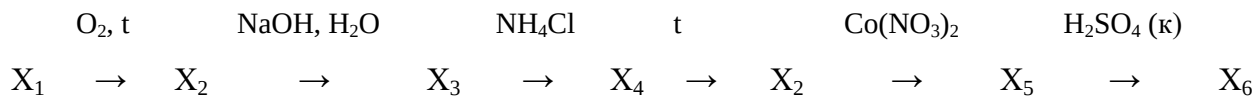
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{Na}_3\text{AsO}_4 + 8\text{Zn} + 11\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{AsH}_3 + 8\text{ZnSO}_4 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ $5\text{AsH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{H}_3\text{AsO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O} + 4\text{K}_2\text{SO}_4$ $5\text{PH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O} + 4\text{K}_2\text{SO}_4$	2
$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 3\text{Ag}^+ = \text{Ag}_3\text{AsO}_4 \downarrow$ $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ag}^+ = \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$ $2\text{Na}_3\text{AsO}_4 + 10\text{HCl} + 4\text{KI} = \text{As}_2\text{O}_3 + 2\text{I}_2 + 4\text{KCl} + 5\text{H}_2\text{O} + 6\text{NaCl}$	2
$\nu(\text{Na}_3\text{AsO}_4) = X$ $\nu(\text{AsH}_3) = X$ $\nu(\text{PH}_3) = Y$ $M = (\text{AsH}_3/\text{PH}_3) = \sum m / \sum \nu = 78X + 34Y / X + Y = 48,67$ $M = D \cdot M_{\text{Ar}} = 1,2167 \cdot 40 = 48,67 \text{ г/моль}$ $78X + 34Y = 48,67X + 48,67Y$ $29,33X = 14,67Y$ $Y = 2X$	2
$\nu(\text{Na}_3\text{AsO}_4) = \nu(\text{AsH}_3) \quad \nu(\text{As}_3\text{PO}_4) = X \quad m(\text{As}_3\text{PO}_4) = 463X$ $\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = \nu(\text{PH}_3) \quad \nu(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = Y \quad m(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 419Y$ $463X + 419Y = 130,1$ $1301X = 130,1$ $Y = 0,2$	2
$\nu(\text{I}_2) = 0,2 \Rightarrow \nu(\text{Na}_3\text{AsO}_4) = 0,1 \quad m(\text{I}_2) = 254 \cdot 0,1 = 25,4$ $\nu(\text{Na}_3\text{AsO}_4) = 0,1 \cdot 208 = 20,8$	2
Максимальный балл	10

Задание 6

6.1. Напишите уравнения реакций, соответствующие цепочки превращений.

Все вещества сложные, содержат цинк. Вещество X_1 применялось Эрнестом Резерфордом и другими учеными в ранние годы ядерной физики в качестве сцинтилляционного детектора; нерастворимо в воде, из раствора выпадает в виде белого осадка, не растворимого в CH_3COOH , но растворимо в кислоте хлороводородной.

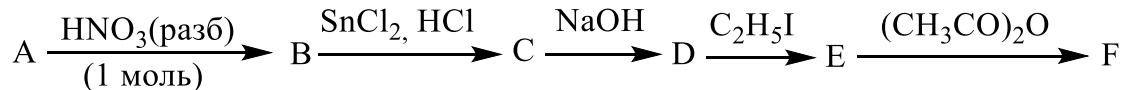


РЕШЕНИЕ

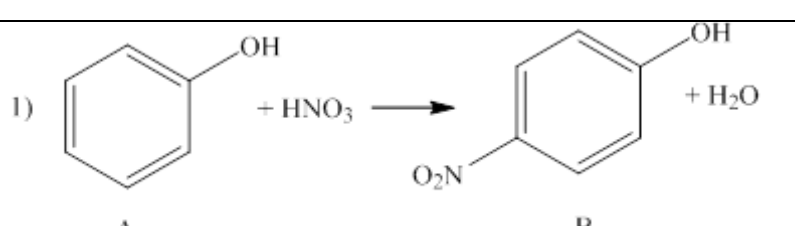
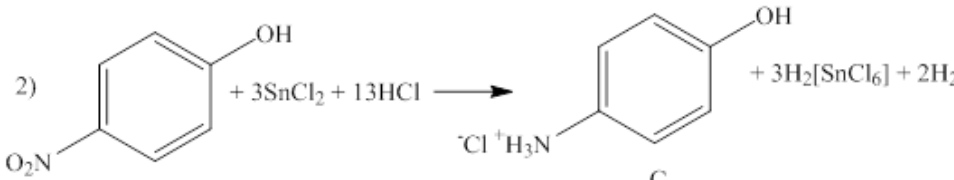
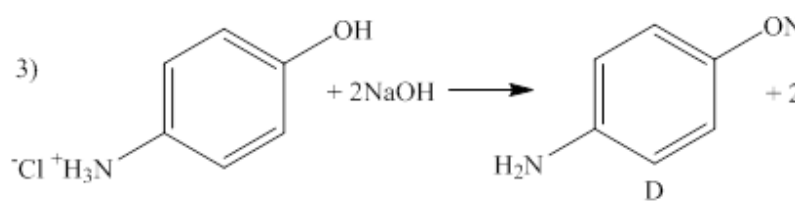
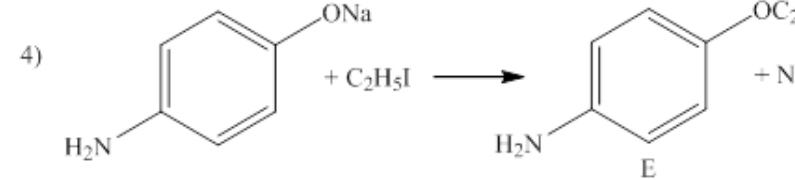
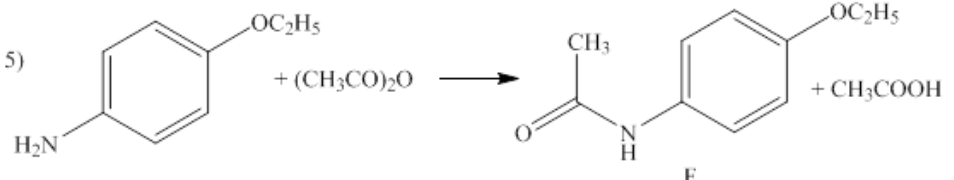
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$	2
$\text{ZnO} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4]$	2
$\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4] + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{Zn(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaCl} + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{Zn(OH)}_2 \xrightarrow{t} \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{ZnO} + \text{Co(NO}_3)_2 \rightarrow \text{CoZnO}_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 1/2\text{O}_2$	2
$\text{CoZnO}_2 + 6\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} \rightarrow \text{Co}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	2
Максимальный балл	12

Задание 7

7.1. Органическое вещество F ранее имело широкое применение в качестве анальгетика. В этом веществе имеется только два заместителя, находящиеся на максимальном расстоянии друг от друга. Вещество A можно представить следующей молекулярной формулой $C_xH_yO_z$ и оно также используется в медицине. Известно, что в веществе A массовая доля протонов всех ядер атомов равна 53,192%. Установите структурные формулы соединений A – F. Напишите уравнения реакций, соответствующие приведенной ниже схеме получения вещества F:



РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)		Баллы
Установлена структурная формула вещества A 1) Сделаны необходимые вычисления $\begin{cases} 13x + 14y = 100 \\ 7x + 8y = 53,192 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 6,384 \\ y = 1,063 \end{cases}$ $x : y = 6,384 : 1,063 = 6 : 1$ 2) Найдена молекулярная формула вещества A – C_6H_6O 3) Найдена структурная формула вещества A:		2
1) 		2
2) 		2
3) 		2
4) 		2
5) 		2
Максимальный балл		12

Задание 8

8.1. При щелочном гидролизе сложного эфира массой 92,4 г образуется соль А и спирт. При взаимодействии образовавшегося спирта с раствором дихромата калия в сернокислой среде образуется такая же масса органического вещества, которая может быть получена при пиролизе бария ацетата массой 204 г. Для получения из соли А соли природной α -аминокислоты затрачено 97,2 г бромоводорода. Напишите все уравнения приведенных реакций. Установите формулу исходного сложного эфира и природной α -аминокислоты.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{NH}_2\text{-CH(R')}\text{-COOR''} + \text{NaOH} \rightarrow \text{R''OH} + \text{NH}_2\text{-CH(R)}\text{-COONa}$ R''OH – изопропанол, так как $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba} \xrightarrow{t} \text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3 + \text{BaCO}_3$ Это же соединение образуется при окислении изопропанола дихромата в серной кислоте. $3\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 7\text{H}_2\text{O}$	2
$\nu((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}) = \frac{m}{M} = \frac{204}{255} = 0,8 \text{ моль}$ $\nu(\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3) = \nu((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}) = 0,8 \text{ моль}$ $\nu(\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3) = \nu(\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3) = 0,8 \text{ моль}$ $\nu(-\text{COOC}_3\text{H}_7) = \nu(\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3) = 0,8 \text{ моль}$	2
$\text{NH}_2\text{-CH(R')}\text{-COONa} + 2\text{HBr} \rightarrow \text{NaBr} + \text{BrNH}_3\text{-CH(R)}\text{-COOH}$ $\nu(\text{HBr}) = \frac{m}{M} = \frac{97,2}{81} = 1,2 \text{ моль}$ $\nu(\text{HBr})$: $\nu(-\text{COOR})$ 1,2 : 0,8 1,5 : 1 3 : 2 в молекуле аминокислоты 2 карбоксигруппы	2
Преобразуем исходную формулу сложного эфира $\text{NH}_2\text{-CH(-X-COOC}_3\text{H}_7)\text{-COOC}_3\text{H}_7$ $M = 231$ $\nu(\text{сл. эфиры}) = \frac{1}{2} \nu(-\text{COOC}_3\text{H}_7) = 0,4$ $M(\text{сл. эфиры}) = \frac{m}{\nu} = \frac{92,4}{0,4} = 231 \text{ г/моль}$	2
$M(\text{X}) = 231 \text{ г/моль} - 203 = 28 \quad (-\text{CH}_2)_2$ $\text{NH}_2\text{-CH(-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOC}_3\text{H}_7)\text{-COOC}_3\text{H}_7$ Диизопропиловый эфир глутаминовой кислоты	2
Максимальный балл	10

Задание 9

9.1. Через раствор хлорида калия массой 447 г, в котором массовая доля растворителя составляет 95%, некоторое время пропускали электрический ток. Газ, полученный на аноде, собрали и пропустили через трубку с 100 г нагретого порошка меди (медь взята в избытке). В полученном твёрдом остатке массовая доля кислорода как элемента составила 12,63%. В образовавшийся после завершения электролиза раствор внесли 7,81 г оксида фосфора(V). Напишите уравнения протекающих в соответствии с условием задачи реакций. Найдите массу кислорода как элемента в твёрдом остатке. Вычислите массовую долю соли с наибольшей молярной массой в конечном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Записаны уравнения реакций $\overset{0,3 \text{ моль}}{2\text{KCl}} + \overset{0,3 \text{ моль}}{2\text{H}_2\text{O}} = \overset{0,15 \text{ моль}}{2\text{KOH}} + \overset{0,15 \text{ моль}}{\text{H}_2\uparrow} + \text{Cl}_2\uparrow \quad (1)$ $\overset{x \text{ моль}}{2\text{H}_2\text{O}} = \overset{0,5x \text{ моль}}{2\text{H}_2\uparrow} + \text{O}_2\uparrow \quad (2)$ $\overset{0,5x \text{ моль}}{2\text{Cu}} + \overset{x \text{ моль}}{\text{O}_2} = 2\text{CuO} \quad (3)$ $\overset{0,15 \text{ моль}}{\text{Cu}} + \overset{0,15 \text{ моль}}{\text{Cl}_2} = \text{CuCl}_2 \quad (4)$ $\overset{0,15 \text{ моль}}{\text{P}_2\text{O}_5} + \overset{0,15 \text{ моль}}{3\text{H}_2\text{O}} = 2\text{H}_3\text{PO}_4 \quad (5)$ $\overset{0,3 \text{ моль}}{3\text{KOH}} + \overset{0,1 \text{ моль}}{\text{H}_3\text{PO}_4} = \overset{0,1 \text{ моль}}{\text{K}_3\text{PO}_4} + 3\text{H}_2\text{O} \quad (6)$ $\overset{0,02 \text{ моль}}{2\text{K}_3\text{PO}_4} + \overset{0,01 \text{ моль}}{\text{H}_3\text{PO}_4} = \overset{0,03 \text{ моль}}{3\text{K}_2\text{HPO}_4} \quad (7)$	7
Проведены необходимые вычисления: $\omega(\text{KCl}) = 100\% - \omega(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 95 = 5\%$ $n(\text{KCl}) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega / M = 447 \cdot 0,05 / 74,5 = 0,3 \text{ моль}$ При электролизе раствора хлорида калия на аноде выделяется только газообразный хлор. Поскольку в твёрдом остатке, который получился в стеклянной трубке, содержатся атомы кислорода, можно сделать предположение, что электролиз соли (1) прошёл до конца, после чего стал протекать электролиз воды (2). Пусть разложилось x моль воды, тогда $n(\text{O}_2) = 1/2 n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5x \text{ моль}$ – по уравнению реакции. Найдена масса твёрдого остатка в стеклянной трубке: $m(\text{тв. остатка}) = m(\text{Cu}) + m(\text{Cl}_2) + m(\text{O}_2)$ $m(\text{Cl}_2) = n \cdot M = 0,15 \cdot 71 = 10,65 \text{ г}$ $m(\text{O}_2) = n \cdot M = 0,5x \cdot 32 = 16x \text{ г}$ $m(\text{тв. остатка}) = 100 + 10,65 + 16x = (110,65 + 16x) \text{ г}$ Масса кислорода как элемента в твёрдом остатке: $n(\text{O}) = 2n(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,5x = x \text{ моль}$ $m(\text{O}) = n \cdot M = 16x \text{ г}$	3

Составлено уравнение: $\omega(O) = \frac{m(O)}{m(\text{тв. остатка})}$ $0,1263 = \frac{16x}{110,65 + 16x}$ $x = 1$ $m(H_2O)_{\text{разл.}} = n \cdot M = 18x = 18 \cdot 1 = 18 \text{ г}$	
При добавлении P_2O_5 к полученному после электролиза раствору образуется фосфорная кислота (5), которая, в момент получения, вступает во взаимодействие с гидроксидом калия. $n(P_2O_5) = m / M = 7,81 / 142 = 0,055 \text{ моль}$ $n(H_3PO_4) = 2n(P_2O_5) = 2 \cdot 0,055 = 0,11 \text{ моль} \text{ – по уравнению реакции (5)}$ $n(KOH) = n(KCl) = 0,3 \text{ моль} \text{ – по уравнению реакции (1)}$ После получения фосфорная кислота находится в избытке гидроксида калия, следовательно, на первой стадии будет протекать реакция (6). После завершения реакции (6) в растворе остаются: $n(K_3PO_4) = 0,1 \text{ моль}$ $n(H_3PO_4)_{\text{изб.}} = 0,11 - 0,1 = 0,01 \text{ моль.}$ Фосфорная кислота оказывается в избытке, следовательно, процессы не заканчиваются и протекает вторая стадия – реакция (7). Таким образом, в конечном растворе содержатся: $n(K_2HPO_4) = 3n(H_3PO_4)_{\text{изб.}} = 3 \cdot 0,01 = 0,03 \text{ моль} \text{ – по уравнению реакции (7)}$ $m(K_2HPO_4) = n \cdot M = 0,03 \cdot 174 = 5,22 \text{ г}$ $n(K_3PO_4)_{\text{изб.}} = 0,1 - 0,02 = 0,08 \text{ моль}$ $m(K_3PO_4)_{\text{изб.}} = n \cdot M = 0,08 \cdot 212 = 16,96 \text{ г}$	2
Найдена массовая доля соли с наибольшей молярной массой в конечном растворе. Масса конечного раствора: $m(\text{р-ра}) = m_{\text{р-ра}}(KCl) - m(Cl_2) - m(H_2) - m(H_2O)_{\text{разл.}} + m(P_2O_5)$ $m(H_2) = n \cdot M = 0,15 \cdot 2 = 0,3 \text{ г}$ $m(\text{р-ра}) = 447 - 10,65 - 0,3 - 18 + 7,81 = 425,86 \text{ г}$ $\omega(K_3PO_4) = m(K_3PO_4)_{\text{изб.}} / m(\text{р-ра}) = 16,96 / 425,86 = 0,0398 (4\%)$	2
Максимальный балл	14

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$ \begin{array}{ccc} \text{CH}_2\text{-COONa} & & \text{CH}_2\text{-COOAg} \\ & & \\ \text{HO-C-COONa} & + 3\text{AgNO}_3 \rightarrow & \text{HO-C-COOAg} + 3\text{NaNO}_3 \\ & & \\ \text{CH}_2\text{-COONa} & & \text{CH}_2\text{-COOAg} \end{array} $	2
$\text{AgNO}_3 + \text{NH}_4\text{NCS} = \text{AgNCS} \downarrow + \text{NH}_4\text{NO}_3$	2
$\text{NH}_4\text{NCS} + \text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{NCS})_3 + 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2
$v(\text{NH}_4\text{NCS}) = CV = 0,1 \cdot 0,015 = 0,0015$ $v(\text{AgNO}_3)_{\text{изб}} = v(\text{NH}_4\text{NCS}) = 0,0015$ $v(\text{AgNO}_3)_{\text{добавл}} = CV = 0,006$ $v(\text{AgNO}_3)_{\text{на цитрат}} = 0,0045$	3
$ \begin{array}{ccc} \text{CH}_2\text{-COONa} & & \\ & & \\ \text{HO-C-COONa} & & \\ & & \\ \text{CH}_2\text{-COONa} & = \frac{1}{3} v(\text{AgNO}_3) = 0,0015 \text{ моль} & \text{- в 10 мл} \\ & \text{X} & \text{в 500 мл} \end{array} $ $v(\text{цитрата в исходной колбе}) = 0,075$	3
$m(\text{цитрата } \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3) = vM = 19,35 \text{ г}$	2
Максимальный балл	14

Задание 1

1.2. Команда исследователей из Кольского научного центра Российской академии наук и Санкт-Петербургского госуниверситета описала ранее неизвестный науке минерал. Его обнаружили в месторождении Кестёр (Республика Саха). Минерал получил имя сергейсмирновит в честь выдающегося советского ученого, крупнейшего специалиста в области минералогии рудных месторождений члена Академии наук СССР Сергея Смирнова. Исследователи предположили, что новый минерал может обладать хорошей протонной проводимостью. Благодаря этому синтетические аналоги сергейсмирновита возможно будет применять в качестве основы для создания сверхъёмких аккумуляторов, которые могут использоваться во всех сферах и направлениях медицинской деятельности, от химических исследований и санаторно-профилактической области до оказания экстренной помощи при проведении хирургических операций.

Взятый на анализ образец породы месторождения из Верхоянского улуса содержит сергейсмирновит ($\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) и либетенит ($\text{Cu}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})$)

Анализ показал, что смесь содержит $1,5953 \cdot 10^{24}$ атомов кислорода и $2,709 \cdot 10^{23}$ атомов фосфора. Рассчитайте массу образца.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\begin{aligned} \nu(\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) &= X & \nu(\text{Cu}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})) &= Y \\ \nu(\text{O}) &= 12X & \nu(\text{O}) &= 5Y \\ \nu(\text{P}) &= 2X & \nu(\text{P}) &= Y \\ \sum \nu(\text{O}) &= \frac{N(\text{O})}{N_A} = \frac{1,5953 \cdot 10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 2,65 \\ \sum \nu(\text{P}) &= \frac{N(\text{P})}{N_A} = \frac{2,709 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,45 \\ \begin{cases} 12X + 5Y = 2,65 \\ 2X + Y = 0,45 \end{cases} & & Y &= 0,45 - 2X \\ 12X + 5(0,45 - 2X) &= 2,65 \\ 12X + 2,25 - 10X &= 2,65 \\ 0,4 &= 2X \\ X &= 0,2 \\ Y &= 0,05 \end{aligned}$	3
$\begin{aligned} m(\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) &= M \cdot \nu = 416 \cdot 0,2 = 83,2 \\ m(\text{Cu}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})) &= M \cdot \nu = 240 \cdot 0,05 = 12 \\ \sum m_{\text{обр}} &= 95,5 \end{aligned}$	3
Максимальный балл	6

Задание 2

2.2. Для лечения кандидозов применяют лекарственный препарат, который получают путём растворения кристаллогидрата тетрабората натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в глицерине. Вычислите массовую долю тетрабората натрия в исходном лекарственном препарате, если массовая доля атомов водорода в препарате составляет 8%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Пусть $n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = x$ моль, а $n(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = y$ моль, тогда x моль $20x$ моль $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow 20\text{H}$ y моль $8y$ моль $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \rightarrow 8\text{H}$ Примем, что масса лекарственного препарата равна 100 г, следовательно $\begin{cases} 382x + 92y = 100 \\ 20x + 8y = 8 \end{cases} ; \begin{cases} x = \frac{1}{19} \\ y = \frac{33}{38} \end{cases}$	3
$n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = \frac{1}{19}$ моль $m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = n \cdot M = \frac{1}{19} \cdot 202 = 10,632$ г $\omega(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) / m(\text{препарата}) = 10,632 / 100 = 0,11$ (11%)	3
Максимальный балл	6

Задание 3

3.2. Акриловая и метакриловая кислоты являются основными мономерами при изготовлении полимерных стоматологических конструкционных изделий.

Акриловую и метакриловую кислоты растворили в смеси органических растворителей, содержащей циклопентан и гептан. Масса раствора составила 117,5 г.

Такая же смесь органических кислот способна обесцветить 934 мл нейтрального раствора с концентрацией перманганата калия 0,5 М при нагревании. Смесь растворителей такого же состава, который был использован для растворения кислот, сожгли, а продукты сгорания пропустили последовательно через трубку с безводным сульфатом меди и колбу с избытком раствора бария гидроксида. Масса трубки увеличилась на 144 г, а масса осадка в колбе составила 1477,5 г.

Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси, а также массу метилового спирта, которая потребуется для взаимодействия со смесью кислот, количественно выделенных из исходной образца.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$3\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOH} + 8\text{KMnO}_4 \xrightarrow{t} 3\text{CH}_3\text{-C}(\text{O})\text{-COOH} + 3\text{K}_2\text{CO}_3 + 8\text{MnO}_2\downarrow + 2\text{KOH}$ $3\text{CH}_2=\text{CH}\text{-COOH} + 10\text{KMnO}_4 \xrightarrow{t} 3\text{HO}\text{-C}(\text{O})\text{-C}(\text{O})\text{OK} + 3\text{K}_2\text{CO}_3 + 10\text{MnO}_2\downarrow + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_5\text{H}_{10} + \text{O}_2 \rightarrow 5\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_7\text{H}_{16} + \text{O}_2 \rightarrow 7\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{BaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOH} + \text{CH}_3\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_2=\text{CH}\text{-COOH} + \text{CH}_3\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_2=\text{CH}\text{-COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	2
$\nu(\text{C}_5\text{H}_{10}) = X \quad \nu(\text{CO}_2) = 5X \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = 5X$ $\nu(\text{C}_7\text{H}_{16}) = Y \quad \nu(\text{CO}_2) = 7Y \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = 8Y$ $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{144}{18} = 8$ $5X + 8Y = 8$ $\nu(\text{BaCO}_3) = \frac{1477,5}{197} = 7,5$ $\nu(\text{CO}_2) = 7,5$ $5X + 7Y = 7,5$ $5X = 7,5 - 7Y$ $7,5 - 7Y + 8Y = 8$ $Y = 0,5$ $X = 0,8$	2

$m(C_5H_{10}) = 0,8 \cdot 70 = 56$ $m(C_7H_{16}) = 0,5 \cdot 100 = 50$ $m(\text{кислот}) = \sum m - m(C_5H_{10}) - m(C_7H_{16}) = 117,5 - 56 - 50 = 11,5$ $\nu(C_4H_6O_2) = a \quad m(C_4H_6O_2) = 86a$ $\nu(C_3H_4O_2) = b \quad m(C_3H_4O_2) = 72b$ $\nu(KMnO_4)_1 = \frac{8}{3} \nu(C_4H_6O_2) = \frac{8}{3}a$ $\nu(KMnO_4)_2 = \frac{10}{3} \nu(C_3H_4O_2) = \frac{10}{3}b$ $\sum \nu(KMnO_4) = C \cdot V = 0,5 \cdot 0,934 = 0,467$ $\frac{8}{3}a + \frac{10}{3}b = 0,467$ $8a + 10b = 1,401$ $\begin{cases} 86a + 72b = 11,5 \\ \frac{8}{3}a + \frac{10}{3}b = 0,467 \end{cases}$ $0,8a + b = 0,1401$ $a = 0,05; \quad b = 0,1$	2
$m(C_4H_6O_2) = 86 \cdot 0,05 = 4,3$ $m(C_3H_4O_2) = 72 \cdot 0,1 = 7,2$ $\omega(C_4H_6O_2) = \frac{4,3}{117,5} = 3,66\%$ $\omega(C_3H_4O_2) = \frac{7,2}{117,5} = 6,13\%$ $\omega(C_5H_{10}) = \frac{56}{117,5} = 47,66\%$ $\omega(C_7H_{16}) = \frac{50}{117,5} = 42,55\%$ $\nu(CH_3-OH) = 0,15 \quad m(CH_3-OH) = 4,8$	2
Максимальный балл	8

Задание 4

4.2. Лекарственный препарат, относящийся к группе аномальных нуклеозидов, обладает эффективным действием в отношении вирусов герпеса.

Для гравиметрического анализа навеску лекарственного препарата массой 321 мг подвергли полной минерализации путём длительного кипячения с концентрированной азотной кислотой. В результате получили 400 мг нитрата аммония, 348 мл углекислого газа, 1293 мл оксида азота(IV) (давление 99725 Па, температура 25°C) и 0,504 мл воды. Сделайте допущение, что все атомы азота, находящиеся в составе неизвестного органического вещества, после окончания минерализации оказались в катионах аммония. Найдите молекулярную формулу искомого лекарственного препарата. Укажите суммарное число протонов всех ядер атомов, которые содержатся в одном моле исходного лекарственного препарата.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$C_xH_yO_zN_a + HNO_3(\text{конц.}) \rightarrow NH_4NO_3 + CO_2 + NO_2 + H_2O$ Для решения задачи сделаем важное допущение, что весь азот органического вещества перешёл в ионы аммония. $n(C) = n(CO_2) = p \cdot V / R \cdot T = 99725 \cdot 3,48 \cdot 10^{-4} / 8,314 \cdot 298 = 0,014 \text{ моль}$ $n(N) = n(NH_4NO_3) = m / M = 0,4 / 80 = 0,005 \text{ моль}$ Содержание атомов водорода найдем, используя закон сохранения массы (масса атомов водорода до и после реакции должны быть одинаковы) $n(NO_2) = n_1(HNO_3) = p \cdot V / R \cdot T = 99725 \cdot 1,293 \cdot 10^{-3} / 8,314 \cdot 298 = 0,052 \text{ моль}$ $n_2(HNO_3) = n(NH_4NO_3) = 0,005 \text{ моль}$ $n(HNO_3) = n_1 + n_2 = 0,052 + 0,005 = 0,057 \text{ моль}$ Пусть $n(H)$ в органическом веществе равен y моль, тогда $n(H) \text{ в } HNO_3 = n(HNO_3) = 0,057 \text{ моль}$ $n(H) \text{ в } NH_4NO_3 = 4n(NH_4NO_3) = 4 \cdot 0,005 = 0,02 \text{ моль}$ $n(H) \text{ в } H_2O = 2n(H_2O) = 2m / M = 2 \cdot 0,504 / 18 = 0,056 \text{ моль.}$ Составляем равенство: $y + 0,057 = 0,02 + 0,056$ $y = 0,019$	2
Найдена масса атомов кислорода в лекарственном препарате: $m(O) = m(\text{в-ва}) - m(C) - m(H) - m(N) = 0,321 - (12 \cdot 0,014) - (1 \cdot 0,019) - (14 \cdot 0,005) = 0,064 \text{ г}$ $n(O) = m / M = 0,064 / 16 = 0,004 \text{ моль}$	2
Найдена молекулярная формула: $n(C) : n(H) : n(N) : n(O) = 0,014 \text{ моль} : 0,019 \text{ моль} : 0,005 \text{ моль} : 0,004 \text{ моль} =$ $= 3,5 : 4,75 : 1,25 : 1 = 14 : 19 : 5 : 4;$ $C_{14}H_{19}N_5O_4$	2
Найдено суммарное число протонов в ядрах всех атомов, которые содержатся в одном моле исходного лекарственного препарата. В 1 моле $C_{14}H_{19}N_5O_4$ содержится $n(p^+) = (6 \cdot 14) + (19 \cdot 1) + (5 \cdot 7) + (4 \cdot 8) = 170 \text{ моль}$	2
Максимальный балл	8

Задание 5

5.2. Одним из важных направлений современных исследований является создание высококачественных неинвазивных методов визуализации опухолевых поражений. С использованием остеотропных радиофармацевтических препаратов на основе фосфоновой кислоты. Соли фосфоновой кислоты являются так же мощными фунгицидами.

При обработке фосфоновой кислоты хлороводородом с добавлением гранул цинка получен газ А, при смешивании которого с арсином получена газовая смесь с плотностью по неону 2,4335. Газовая смесь была обработана раствором калия перманганата в серной кислоте. Смесь кислот, количественно выделенная из продуктов реакции, при добавлении AgNO_3 образует 130,1 г осадка.

Рассчитайте массу газа А, а также массу осадка, который может быть получен при его взаимодействии с водным раствором AgNO_3 . Напишите уравнения всех указанных реакций.

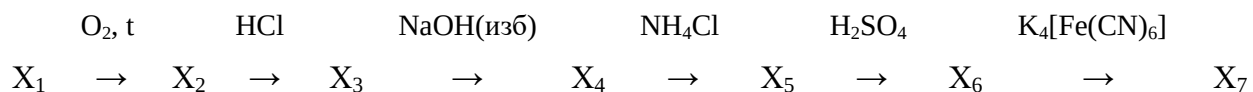
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{Zn} + 6\text{HCl} \rightarrow \text{PH}_3 + 3\text{ZnCl}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ $5\text{AsH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{H}_3\text{AsO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O} + 4\text{K}_2\text{SO}_4$ $5\text{PH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O} + 4\text{K}_2\text{SO}_4$	2
$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 3\text{Ag}^+ = \text{Ag}_3\text{AsO}_4 \downarrow$ $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ag}^+ = \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$ $\text{PH}_3 + 4\text{H}_2\text{O} + 8\text{AgNO}_3 = 8\text{Ag} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{HNO}_3$	2
$\nu(\text{AsH}_3) = X$ $\nu(\text{PH}_3) = Y$ $M = (\text{AsH}_3/\text{PH}_3) = \sum m / \sum \nu = 78X + 34Y / X + Y = 48,67$ $M = D \cdot M_{\text{Ne}} = 2,4335 \cdot 20 = 48,67 \text{ г/моль}$ $78X + 34Y = 48,67X + 48,67Y$ $29,33X = 14,67Y$ $Y = 2X$	2
$\nu(\text{Na}_3\text{AsO}_4) = \nu(\text{AsH}_3) \quad \nu(\text{As}_3\text{PO}_4) = X \quad m(\text{As}_3\text{PO}_4) = 463X$ $\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = \nu(\text{PH}_3) \quad \nu(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = Y \quad m(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 419Y$ $463X + 419Y = 130,1$ $1301X = 130,1$ $Y = 0,2$	2
$\nu(\text{PH}_3) = 0,2 \quad m(\text{PH}_3) = 6,8$ $\nu(\text{Ag}) = 1,6 \quad m(\text{Ag}) = 1,6 \cdot 108 = 172,8$	2
Максимальный балл	10

Задание 6

6.2. Напишите уравнения реакций, соответствующие цепочки превращений.

Все вещества сложные, содержат цинк. Вещество X_1 применялось Эрнестом Резерфордом и другими учеными в ранние годы ядерной физики в качестве сцинтилляционного детектора. Нерастворимо в воде, из раствора выпадает в виде белого осадка, не растворимого в CH_3COOH , но растворимо в кислоте хлороводородной.

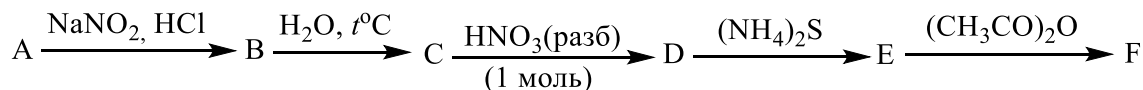


РЕШЕНИЕ

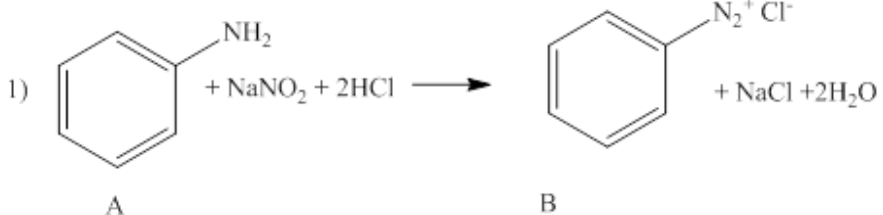
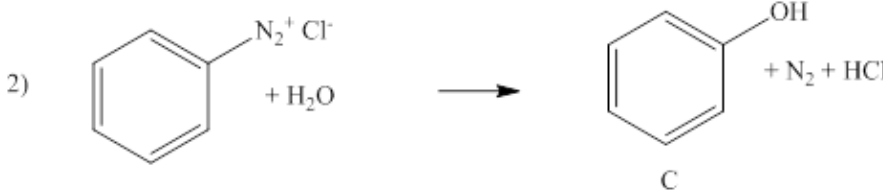
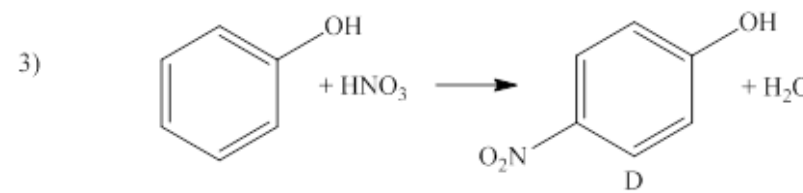
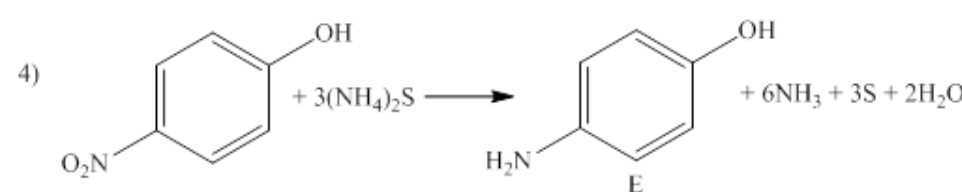
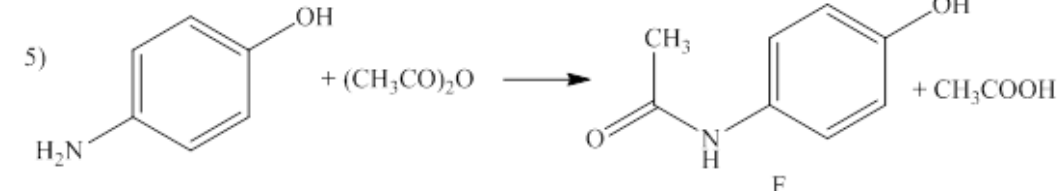
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$	2
$\text{ZnO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{ZnCl}_2 + 4\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{NaCl}$	2
$\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl} + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	2
$3\text{ZnSO}_4 + 2\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{K}_2\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 + 3\text{K}_2\text{SO}_4$	2
Максимальный балл	12

Задание 7

7.2. Органическое вещество F известно как анальгетик и жаропонижающее средство. В этом веществе имеется только два заместителя, находящиеся на максимальном расстоянии друг от друга. Вещество А, которое можно представить молекулярной формулой C_xH_yN , является токсичным веществом. Известно, что в веществе А массовая доля протонов всех ядер атомов равна 53,763%. Установите структурные формулы соединений А – F. Напишите уравнения реакций, соответствующие приведенной ниже схеме получения вещества F:



РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)		Баллы
Установлена структурная формула вещества А 1) Сделаны необходимые вычисления $\begin{cases} 12x + y + 14 = 100 \\ 7x + y + 7 = 53,192 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 6,5395 \\ y = 7,526 \end{cases}$ $x : y = 6,5395 : 7,526 = 1 : 1,151 = 6 : 7$ 2) Найдена молекулярная формула вещества А – C_6H_7N 3) Найдена структурная формула вещества А		2
1)  A B		2
2)  C		2
3)  D		2
4)  E		2
5)  F		2
Максимальный балл		12

Задание 8

8.2. При щелочном гидролизе сложного эфира массой 46,2 г образуется соль А и спирт. При взаимодействии образовавшегося спирта с раствором калия перманганата в сернокислой среде образуется такая же масса органического вещества, как при пиролизе магния ацетата массой 56,8 г. Для получения из А соли природной α -аминокислоты затрачен хлороводород массой 21,9 г. Напишите все уравнения приведенных реакций. Установите формулу исходного сложного эфира и природной α -аминокислоты.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы												
$\text{NH}_2\text{-CH(R`)-COOR``} + \text{NaOH} \rightarrow \text{R``OH} + \text{NH}_2\text{-CH(R)-COONa}$ $\text{R``OH} \text{ – изопропанол так как}$ $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg} \rightarrow \text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3 + \text{MgCO}_3$ Это же соединение образуется при окислении изопропанола калия перманганата в серной кислоте. $5\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$	2												
$\nu((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg}) = \frac{m}{M} = \frac{56,8}{142} = 0,4 \text{ моль}$ $\nu(\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3) = \nu((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg}) = 0,4 \text{ моль}$ $\nu(\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3) = \nu(\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3) = 0,4 \text{ моль}$ $\nu(\text{-COOC}_3\text{H}_7) = \nu(\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3) = 0,4 \text{ моль}$	2												
$\text{NH}_2\text{-CH(R`)-COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{ClNH}_3\text{-CH(R)-COOH}$ $\nu(\text{HCl}) = \frac{m}{M} = \frac{21,9}{36,5} = 0,6 \text{ моль}$ <table><tr><td>$\nu(\text{HCl})$</td><td>:</td><td>$\nu(\text{-COOR})$</td></tr><tr><td>0,6</td><td>:</td><td>0,4</td></tr><tr><td>1,5</td><td>:</td><td>1</td></tr><tr><td>3</td><td>:</td><td>2</td></tr></table> в молекуле аминокислоты 2 карбоксигруппы	$\nu(\text{HCl})$	:	$\nu(\text{-COOR})$	0,6	:	0,4	1,5	:	1	3	:	2	2
$\nu(\text{HCl})$	:	$\nu(\text{-COOR})$											
0,6	:	0,4											
1,5	:	1											
3	:	2											
Преобразуем исходную формулу сложного эфира $\text{NH}_2\text{-CH(-X-COOC}_3\text{H}_7)\text{-COOC}_3\text{H}_7$ $M = 231$ $\nu(\text{сл. эфиры}) = \frac{1}{2} \nu(\text{-COOC}_3\text{H}_7) = 0,2$ $M(\text{сл. эфиры}) = \frac{m}{\nu} = \frac{46,2}{0,2} = 231 \text{ г/моль}$	2												
$M(\text{X}) = 231 \text{ г/моль} - 203 = 28 \quad (-\text{CH}_2)_2$ $\text{NH}_2\text{-CH(-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOC}_3\text{H}_7)\text{-COOC}_3\text{H}_7$ Диизопропиловый эфир глутаминовой кислоты	2												
Максимальный балл	10												

Задание 9

9.2. Через раствор хлорида калия массой 447 г, в котором массовая доля растворителя составляет 95%, некоторое время пропускали электрический ток. Газ, полученный на аноде, собрали и пропустили через трубку с 100 г нагретого порошка меди (медь взята в избытке). В полученном твёрдом остатке массовая доля кислорода как элемента составила 12,63%. В образовавшийся после завершения электролиза раствор внесли 7,81 г оксида фосфора(V). Напишите уравнения протекающих в соответствии с условием задачи реакций. Найдите массу кислорода как элемента в твёрдом остатке. Вычислите массовую долю соли с наименьшей молярной массой в конечном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Записаны уравнения реакций $\begin{array}{l} \text{0,3 моль} \qquad \qquad \text{0,3 моль} \quad \text{0,15 моль} \quad \text{0,15 моль} \\ 2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow \end{array} \quad (1)$ $\begin{array}{l} x \text{ моль} \qquad \qquad \qquad \text{0,5}x \text{ моль} \\ 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow \end{array} \quad (2)$ $\begin{array}{l} \text{0,5}x \text{ моль} \quad x \text{ моль} \\ 2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO} \end{array} \quad (3)^1$ $\begin{array}{l} \text{0,15 моль} \quad \text{0,15 моль} \\ \text{Cu} + \text{Cl}_2 = \text{CuCl}_2 \end{array} \quad (4)$ $\begin{array}{l} \text{0,15 моль} \quad \text{0,15 моль} \\ \text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4 \end{array} \quad (5)$ $\begin{array}{l} \text{0,3 моль} \quad \text{0,1 моль} \quad \text{0,1 моль} \\ 3\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} \end{array} \quad (6)$ $\begin{array}{l} \text{0,02 моль} \quad \text{0,01 моль} \quad \text{0,03 моль} \\ 2\text{K}_3\text{PO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 = 3\text{K}_2\text{HPO}_4 \end{array} \quad (7)$	7
Проведены необходимые вычисления: $\omega(\text{KCl}) = 100\% - \omega(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 95 = 5\%$ $n(\text{KCl}) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega / M = 447 \cdot 0,05 / 74,5 = 0,3 \text{ моль}$ При электролизе раствора хлорида калия на аноде выделяется только газообразный хлор. Поскольку в твёрдом остатке, который получился в стеклянной трубке, содержатся атомы кислорода, можно сделать предположение, что электролиз соли (1) прошёл до конца, после чего стал протекать электролиз воды (2). Пусть разложилось x моль воды, тогда $n(\text{O}_2) = 1/2 n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5x \text{ моль} - \text{по уравнению реакции.}$ Найдена масса твёрдого остатка в стеклянной трубке: $m(\text{тв. остатка}) = m(\text{Cu}) + m(\text{Cl}_2) + m(\text{O}_2)$ $m(\text{Cl}_2) = n \cdot M = 0,15 \cdot 71 = 10,65 \text{ г}$ $m(\text{O}_2) = n \cdot M = 0,5x \cdot 32 = 16x \text{ г}$ $m(\text{тв. остатка}) = 100 + 10,65 + 16x = (110,65 + 16x) \text{ г}$ Масса кислорода как элемента в твёрдом остатке: $n(\text{O}) = 2n(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,5x = x \text{ моль}$ $m(\text{O}) = n \cdot M = 16x \text{ г}$	3

Составлено уравнение: $\omega(O) = \frac{m(O)}{m(\text{тв. остатка})}$ $0,1263 = \frac{16x}{110,65 + 16x}$ $x = 1$ $m(\text{H}_2\text{O})_{\text{разл.}} = n \cdot M = 18x = 18 \cdot 1 = 18 \text{ г}$	
При добавлении P_2O_5 к полученному после электролиза раствору образуется фосфорная кислота (5), которая, в момент получения, вступает во взаимодействие с гидроксидом калия. $n(\text{P}_2\text{O}_5) = m / M = 7,81 / 142 = 0,055 \text{ моль}$ $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2n(\text{P}_2\text{O}_5) = 2 \cdot 0,055 = 0,11 \text{ моль} \text{ – по уравнению реакции (5)}$ $n(\text{KOH}) = n(\text{KCl}) = 0,3 \text{ моль} \text{ – по уравнению реакции (1)}$ После получения фосфорная кислота находится в избытке гидроксида калия, следовательно, на первой стадии будет протекать реакция (6). После завершения реакции (6) в растворе остаются: $n(\text{K}_3\text{PO}_4) = 0,1 \text{ моль}$ $n(\text{H}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = 0,11 - 0,1 = 0,01 \text{ моль.}$ Фосфорная кислота оказывается в избытке, следовательно, процессы не заканчиваются и протекает вторая стадия – реакция (7). Таким образом, в конечном растворе содержатся: $n(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 3n(\text{H}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = 3 \cdot 0,01 = 0,03 \text{ моль} \text{ – по уравнению реакции (7)}$ $m(\text{K}_2\text{HPO}_4) = n \cdot M = 0,03 \cdot 174 = 5,22 \text{ г}$ $n(\text{K}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = 0,1 - 0,02 = 0,08 \text{ моль}$ $m(\text{K}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = n \cdot M = 0,08 \cdot 212 = 16,96 \text{ г}$	2
Найдена массовая доля соли с наименьшей молярной массой в конечном растворе. Масса конечного раствора: $m(\text{р-ра}) = m_{\text{р-ра}}(\text{KCl}) - m(\text{Cl}_2) - m(\text{H}_2) - m(\text{H}_2\text{O})_{\text{разл.}} + m(\text{P}_2\text{O}_5)$ $m(\text{H}_2) = n \cdot M = 0,15 \cdot 2 = 0,3 \text{ г}$ $m(\text{р-ра}) = 447 - 10,65 - 0,3 - 18 + 7,81 = 425,86 \text{ г}$ $\omega(\text{K}_2\text{HPO}_4) = m(\text{K}_2\text{HPO}_4) / m(\text{р-ра}) = 5,22 / 425,86 = 0,0123 (1,2\%)$	2
Максимальный балл	14

Задание 10

10.2. Хромат калия используется в фармацевтической промышленности в качестве отбеливателя для масел и восков, применяемых в производстве мягких лекарственных форм.

Химиком-аналитиком была отобрана точная навеска хромата калия на аналитических весах. Навеску растворили в воде очищенной в мерной колбе на 250 мл. Объем довели водой до метки. С использованием аналитической пипетки была отобрана аликвотная доля объемом 15 мл, добавлено 20 мл раствора соли Мора с концентрацией 2,25 М. На титрование было затрачено 15,0 мл титранта 0,5 М перманганата калия в присутствии серной кислоты. Составьте уравнение реакции получения соли Мора. Рассчитайте массу хромата калия, находящегося в колбе объемом 250 мл.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{FeSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2
$2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 6\text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$	2
$2\text{KMnO}_4 + 10\text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 9\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$	2
$\nu(\text{KMnO}_4) = CV = 0,5 \cdot 0,015 = 0,0075$ $\nu(\text{FeSO}_4)_{\text{изб}} = \frac{10}{2} \nu(\text{KMnO}_4) = 0,0375$ $\nu(\text{FeSO}_4)_{\Sigma} = CV = 2,25 \cdot 0,02 = 0,45$ $\nu(\text{FeSO}_4)_{\text{исх}} = 0,45 - 0,0375 = 0,0075$ $\nu(\text{KMnO}_4) = \frac{2}{6} \nu(\text{FeSO}_4) = 0,0025 \text{ моль}$	3
0,0025 - 15 мл X - 250 мл X=0,0417	3
$m(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 194 \cdot 0,0417 = 8,1 \text{ г}$	2
Максимальный балл	14

Задание 1

1.3. Команда исследователей из Кольского научного центра Российской академии наук и Санкт-Петербургского госуниверситета описала ранее неизвестный науке минерал. Его обнаружили в месторождении Кестёр (Республика Саха). Минерал получил имя сергейсмирновит в честь выдающегося советского ученого, крупнейшего специалиста в области минералогии рудных месторождений члена Академии наук СССР Сергея Смирнова. Исследователи предположили, что новый минерал может обладать хорошей протонной проводимостью. Благодаря этому синтетические аналоги сергейсмирновита возможно будет применять в качестве основы для создания сверхъёмких аккумуляторов, которые могут использоваться во всех сферах и направлениях медицинской деятельности, от химических исследований и санаторно-профилактической области до оказания экстренной помощи при проведении хирургических операций.

Взятый на анализ образец породы месторождения из Верхоянского улуса содержит сергейсмирновит ($\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) и гарбторит ($\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

Анализ показал, что смесь содержит $1,7157 \cdot 10^{24}$ атомов водорода и $4,214 \cdot 10^{23}$ атомов фосфора. Рассчитайте массу породы.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\begin{aligned} & \nu(\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = X & \nu(\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = Y \\ & \nu(\text{P}) = 2X & \nu(\text{P}) = 2Y \\ & \nu(\text{H}) = 8X & \nu(\text{H}) = 9Y \\ & \sum \nu(\text{H}) = \frac{N(\text{H})}{N_A} = \frac{17,157 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 2,85 \\ & \sum \nu(\text{P}) = \frac{N(\text{P})}{N_A} = \frac{4,214 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,7 \\ & \begin{cases} 8X + 9Y = 2,85 \\ 2X + 2Y = 0,7 \end{cases} & X + Y = 0,35 & X = 0,35 - Y \\ & 8(0,35 - Y) + 9Y = 2,85 \\ & 2,8 - 8Y - 9Y = 2,85 \\ & X = 0,3 \\ & Y = 0,05 \end{aligned}$	3
$\begin{aligned} & m(\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = M \cdot \nu = 416 \cdot 0,3 = 124,8 \\ & m(\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = M \cdot \nu = 376 \cdot 0,05 = 18,8 \\ & \sum m_{\text{обр}} = 143,6 \end{aligned}$	3
Максимальный балл	6

Задание 2

2.3. Для лечения кандидозов применяют лекарственный препарат, который получают путём растворения кристаллогидрата тетрабората натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в глицерине. Вычислите массовую долю бора как элемента в исходном лекарственном препарате, если массовая доля атомов водорода в препарате составляет 8%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Пусть $n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = x$ моль, а $n(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = y$ моль, тогда x моль $20x$ моль $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow 20\text{H}$ y моль $8y$ моль $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \rightarrow 8\text{H}$ Примем, что масса лекарственного препарата равна 100 г, следовательно $\begin{cases} 382x + 92y = 100 \\ 20x + 8y = 8 \end{cases} ; \begin{cases} x = \frac{1}{19} \\ y = \frac{33}{38} \end{cases}$	3
$n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 4n(\text{B}) = \frac{4}{19}$ моль $m(\text{B}) = n \cdot M = \frac{4}{19} \cdot 11 = 2,316$ г $\omega(\text{B}) = m(\text{B}) / m(\text{препарата}) = 2,316 / 100 = 0,023$ (2,3%)	3
Максимальный балл	6

Задание 3

3.3. Акриловая и метакриловая кислоты являются основными мономерами при изготовлении полимерных стоматологических конструкционных изделий.

Акриловую и метакриловую кислоты растворили в смеси органических растворителей, содержащей цикlopentan и гептан. Масса раствора составила 135,7 г. Такая же смесь органических кислот способна обесцветить 50,56 г перманганата калия в сернокислом растворе. Смесь растворителей такого же состава, который был использован для растворения кислот, сожгли, а продукты сгорания пропустили последовательно через сосуд с концентрированной серной кислотой и колбу с избытком раствора кальция гидроксида. Масса сосуда увеличилась на 167,4 г, а масса осадка в колбе составила 880 г. Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси, а также массу продуктов, полученных при пропускании аммиака через смесь кислот.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$5\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOH} + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CH}_3\text{-C}(\text{O})\text{-COOH} + 5\text{CO}_2\uparrow + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 17\text{H}_2\text{O}$ $5\text{CH}_2=\text{CH-COOH} + 12\text{KMnO}_4 + 18\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 15\text{CO}_2\uparrow + 6\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{MnSO}_4 + 28\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_6\text{H}_{12} + \text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_8\text{H}_{18} + \text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOH} + \text{NH}_3 \xrightarrow{t} \text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-CONH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_2=\text{CH-COOH} + \text{NH}_3 \xrightarrow{t} \text{CH}_2=\text{CH-CONH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}) = X \quad \nu(\text{CO}_2) = 6X \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = 6X$ $\nu(\text{C}_8\text{H}_{18}) = Y \quad \nu(\text{CO}_2) = 8Y \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = 9Y$ $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{167,4}{18} = 9,3$ $6X + 9Y = 9,3$ $\nu(\text{CaCO}_3) = \frac{880}{100} = 8,8$ $\nu(\text{CO}_2) = 8,8$ $6X + 8Y = 8,8$ $6X = 8,8 - 8Y$ $8,8 - 8Y + 9Y = 9,3$ $Y = 0,5$ $X = 0,8$	2

$m(C_6H_{12}) = 0,8 \cdot 84 = 67,2$ $m(C_8H_{18}) = 0,5 \cdot 114 = 57$ $m(\text{кислот}) = \sum m - m(C_6H_{12}) - m(C_8H_{18}) = 135,7 - 67,2 - 57 = 11,5$ $\nu(C_4H_6O_2) = a \quad m(C_4H_6O_2) = 86a$ $\nu(C_3H_4O_2) = b \quad m(C_3H_4O_2) = 72b$ $\nu(KMnO_4) = \frac{50,56}{158} = 0,32$ $\begin{cases} 86a + 72b = 11,5 \\ \frac{8}{5}a + \frac{12}{5}b = 0,32 \end{cases}$ $a = 0,05; \quad b = 0,1$	2
$m(C_4H_6O_2) = 86 \cdot 0,05 = 4,3$ $m(C_5H_8O_2) = 72 \cdot 0,1 = 7,2$ $\omega(C_4H_6O_2) = \frac{4,3}{135,7} = 3,17\%$ $\omega(C_5H_8O_2) = \frac{7,2}{135,7} = 5,31\%$ $\omega(C_6H_{12}) = \frac{67,2}{135,7} = 49,52\%$ $\omega(C_5H_{12}) = \frac{57}{135,7} = 42,00\%$ $\nu(CH_2=C(CH_3)-CONH_2) = 0,05 \quad m(CH_2=C(CH_3)-CONH_2) = 4,25$ $\nu(CH_2=CH-CONH_2) = 0,2 \quad m(CH_2=CH-CONH_2) = 7,1$ $\sum m = 11,35$	2
Максимальный балл	8

Задание 4

4.3. Лекарственный препарат, относящийся к группе аномальных нуклеозидов, обладает эффективным действием в отношении вирусов герпеса, ветрянки и гепатита.

Для гравиметрического анализа навеску лекарственного препарата массой 267 мг подвергли полной минерализации путём длительного кипячения с концентрированной серной кислотой. В результате получили 330 мг сульфата аммония, 249 мл углекислого газа, 373 мл оксида серы(IV) (давление 99725 Па, температура 25°C) и 0,252 мл воды. Сделайте допущение, что все атомы азота, находящиеся в составе неизвестного органического вещества, после окончания минерализации оказались в катионах аммония. Найдите молекулярную формулу искомого лекарственного препарата. Укажите суммарное число валентных электронов всех атомов, которые содержатся в одном моле исходного лекарственного препарата.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$C_xH_yO_zN_a + H_2SO_4(\text{конц.}) \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + CO_2 + SO_2 + H_2O$ Для решения задачи сделаем важное допущение, что весь азот органического вещества перешёл в ионы аммония. $n(C) = n(CO_2) = p \cdot V / R \cdot T = 99725 \cdot 2,49 \cdot 10^{-4} / 8,314 \cdot 298 = 0,01 \text{ моль}$ $n(N) = 2n((NH_4)_2SO_4) = 2m / M = 2 \cdot 0,33 / 132 = 0,005 \text{ моль}$ Содержание атомов водорода найдем, используя закон сохранения массы (масса атомов водорода до и после реакции должны быть одинаковы) $n(SO_2) = n_1(H_2SO_4) = p \cdot V / R \cdot T = 99725 \cdot 3,73 \cdot 10^{-4} / 8,314 \cdot 298 = 0,015 \text{ моль}$ $n_2(H_2SO_4) = n((NH_4)_2SO_4) = m / M = 0,33 / 132 = 0,0025 \text{ моль}$ $n(H_2SO_4) = n_1 + n_2 = 0,015 + 0,0025 = 0,0175 \text{ моль}$ Пусть $n(H)$ в органическом вещества равен y моль, тогда $n(H) \text{ в } H_2SO_4 = 2n(HNO_3) = 2 \cdot 0,0175 = 0,035 \text{ моль}$ $n(H) \text{ в } (NH_4)_2SO_4 = 8n((NH_4)_2SO_4) = 8 \cdot 0,0025 = 0,02 \text{ моль}$ $n(H) \text{ в } H_2O = 2n(H_2O) = 2m / M = 2 \cdot 0,252 / 18 = 0,028 \text{ моль.}$ Составляем равенство: $y + 0,035 = 0,02 + 0,028$ $y = 0,013$	2
Найдена масса атомов кислорода в лекарственном препарате: $m(O) = m(\text{в-ва}) - m(C) - m(H) - m(N) = 0,267 - (12 \cdot 0,01) - (1 \cdot 0,013) - (14 \cdot 0,005) = 0,064 \text{ г}$ $n(O) = m / M = 0,064 / 16 = 0,004 \text{ моль}$	2
Найдена молекулярная формула: $n(C) : n(H) : n(N) : n(O) = 0,01 \text{ моль} : 0,013 \text{ моль} : 0,005 \text{ моль} : 0,004 \text{ моль} =$ $= 2,5 : 3,25 : 1,25 : 1 = 10 : 13 : 5 : 4;$ $C_{10}H_{13}N_5O_4$	2
Найдено суммарное число валентных электронов всех атомов, которые содержатся в одном моле исходного лекарственного препарата. В 1 моле $C_{10}H_{13}N_5O_4$ содержится $n(\bar{e}) = (10 \cdot 4) + (13 \cdot 1) + (5 \cdot 5) + (4 \cdot 6) = 102 \text{ моль}$	2
Максимальный балл	8

Задание 5

5.3. Ортомышьяковая кислота – высокотоксичное соединение. Оказывает некротизирующее действие на ткани живых организмов, поэтому в виде сильно разбавленных растворов используется в стоматологической практике для «убивания нервов зуба» или девитализации.

При обработке ортомышьяковой кислоты кислотой серной с добавлением гранул цинка получен газ при смешивании которого с фосфином, образуется газовая смесь с плотностью по азоту 1,7382. Газовая смесь была пропущена через раствор перманганата калия в сернокислой среде. Смесь кислот, количественно выделенная из продуктов реакции, может прореагировать с 450 мл 2М раствора нитрата серебра. Рассчитайте массу газа А, а также объем газообразного продукта, полученного при обработке А амидом натрия при 101,2 кПа и 27⁰С. Напишите уравнения всех указанных реакций.

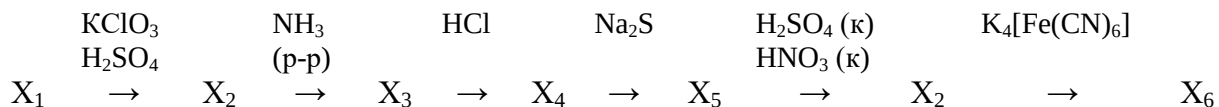
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 3\text{Zn} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{AsH}_3 \uparrow + 3\text{ZnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ $5\text{AsH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{H}_3\text{AsO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O} + 4\text{K}_2\text{SO}_4$ $5\text{PH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O} + 4\text{K}_2\text{SO}_4$	2
$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 3\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_3\text{AsO}_4 \downarrow + 3\text{HNO}_3$ $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow + 3\text{HNO}_3$ $\text{AsH}_3 + \text{NaNH}_2 \rightarrow \text{NaAsH}_2 + \text{NH}_3$	2
$\nu(\text{Na}_3\text{AsO}_4) = X$ $\nu(\text{AsH}_3) = X$ $\nu(\text{PH}_3) = Y$ $M = (\text{AsH}_3/\text{PH}_3) = \sum m / \sum \nu = 78X + 34Y / X + Y = 48,67$ $M = D \cdot M_N = 1,7382 \cdot 28 = 48,67 \text{ г/моль}$ $78X + 34Y = 48,67X + 48,67Y$ $29,33X = 14,67Y$ $Y = 2X$	2
$\nu(\text{Na}_3\text{AsO}_4) = \nu(\text{AsH}_3) \quad \nu(\text{As}_3\text{PO}_4) = X \quad m(\text{As}_3\text{PO}_4) = 463X$ $\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = \nu(\text{PH}_3) \quad \nu(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = Y \quad m(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 419Y$ $463X + 419Y = 130,1$ $1301X = 130,1$ $Y = 0,2$ $\nu(\text{AgNO}_3) = 2 \cdot 0,450 = 0,9$ $3X + 3Y = 0,9$ $X = 0,1$ $Y = 0,2$	2
$\nu(\text{AsH}_3) = 0,1 \quad m(\text{AsH}_3) = 78 \cdot 0,1 = 7,8$ $\nu(\text{NH}_3) = 0,1$ $V = \frac{\nu RT}{P} = 2,46 \text{ л}$	2
Максимальный балл	10

Задание 6

6.3. Напишите уравнения реакций, соответствующие цепочке превращений.

Все вещества сложные, содержат железо. Вещество X_1 – растворимая в воде соль, из водных растворов кристаллизуется в виде голубовато-зеленого кристаллогидрата, применяется для лечения и профилактики анемии в составе препаратов «Темофер пролангатум» и «фероплекс».

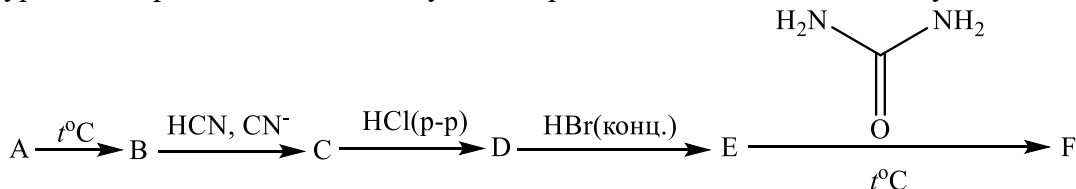


РЕШЕНИЕ

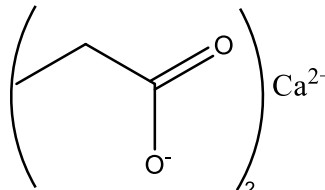
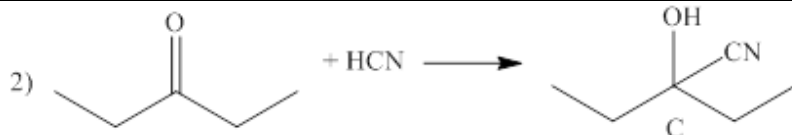
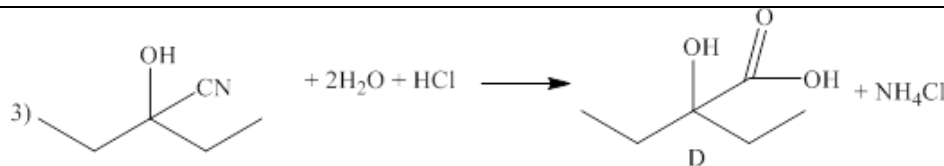
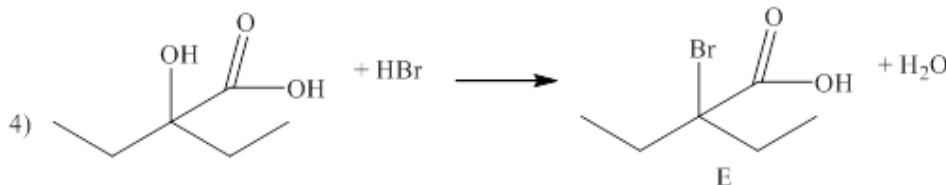
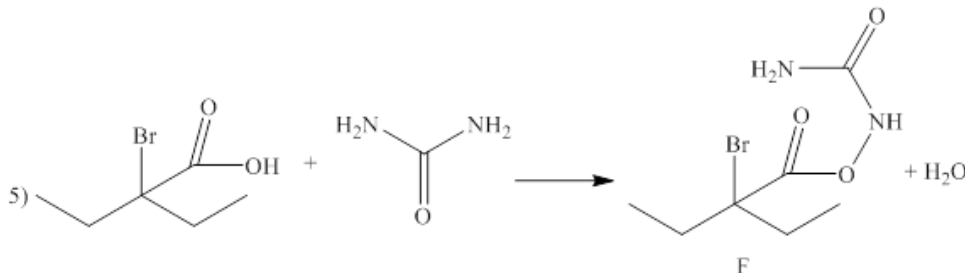
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$6\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NH}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2
$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	2
$2\text{FeCl}_3 + 2\text{Na}_2\text{S} \rightarrow 2\text{FeS}\downarrow + \text{S}\downarrow + 6\text{NaCl}$	2
$\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (к)} + 18\text{HNO}_3 \text{ (к)} \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 18\text{NO}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow 2\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 3\text{K}_2\text{SO}_4$	2
Максимальный балл	12

Задание 7

7.3. Органическое вещество F является известным снотворным средством. В этом веществе имеется один четвертичный атом углерода, в окружении которого находятся два одинаковых заместителя. Вещество А, которое можно представить молекулярной формулой $C_{1,5x}H_{2,5x}Ca_yO_x$, используется в качестве фунгицида и консерванта в пищевой отрасли промышленности. Известно, что в веществе А массовая доля протонов всех ядер атомов равна 52,688%. Установите структурные формулы соединений А – F. Напишите уравнения реакций, соответствующие приведенной ниже схеме получения вещества F:



РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)		Баллы
Установлена структурная формула вещества А		2
1) Сделаны необходимые вычисления		
$\begin{cases} 36,5x + 40y = 100 \\ 19,5x + 20y = 52,688 \end{cases}; \begin{cases} x = 2,1504 \\ y = 0,53776 \end{cases}$ $x : y = 2,1504 : 0,53776 = 4 : 1$ 2) Найдена молекулярная формула вещества А – C ₆ H ₁₀ CaO ₄		
3) Найдена структурная формула вещества А		
1) 		2
2) 		2
3) 		2
4) 		2
5) 		2

Максимальный балл	12
-------------------	----

Задание 8

8.3. При щелочном гидролизе сложного эфира массой 43,4 г образуется соль А и спирт. При окислении спирта раствором перманганата калия в серной кислоте образуется то же вещество Б, что и при пиролизе ацетата кальция. При обработке Б раствором гидросульфита натрия получено вещество массой 64,8 г. Для получения из соли А соли природной α -аминокислоты затрачено 48,6 г HBr. Напишите все уравнения приведенных реакций. Установите формулу исходного сложного эфира и природной α -аминокислоты.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы									
$\text{NH}_2\text{-CH(R')}\text{-COOR''} + \text{NaOH} \rightarrow \text{R''OH} + \text{NH}_2\text{-CH(R')}\text{-COONa}$ R''OH –изопропанол так как $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} \rightarrow \text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3 + \text{CaCO}_3$ Это же соединение образуется при окислении изопропанола калия перманганата в серной кислоте. $\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3 + \text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{-C(OH)(SO}_3\text{Na)-CH}_3$	2									
$\nu(\text{CH}_3\text{-C(OH)(SO}_3\text{Na)-CH}_3) = \frac{m}{M} = \frac{64,8}{162} = 0,4 \text{ моль}$ $\nu(\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3) = \nu(\text{CH}_3\text{-C(OH)(SO}_3\text{Na)-CH}_3) = 0,4 \text{ моль}$ $\nu(\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3) = \nu(\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3) = 0,4 \text{ моль}$ $\nu(\text{-COOC}_3\text{H}_7) = \nu(\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3) = 0,4 \text{ моль}$	2									
$\text{NH}_2\text{-CH(R')}\text{-COONa} + \text{HBr} \rightarrow \text{NaBr} + \text{BrNH}_3\text{-CH(R')}\text{-COOH}$ $\nu(\text{HBr}) = \frac{m}{M} = \frac{48,6}{81} = 0,6 \text{ моль}$ <table><tr><td>$\nu(\text{HBr})$</td><td>:</td><td>$\nu(\text{-COOR})$</td></tr><tr><td>0,6</td><td>:</td><td>0,4</td></tr><tr><td>2</td><td>:</td><td>3</td></tr></table> в молекуле аминокислоты 2 карбоксигруппы	$\nu(\text{HBr})$	:	$\nu(\text{-COOR})$	0,6	:	0,4	2	:	3	2
$\nu(\text{HBr})$	:	$\nu(\text{-COOR})$								
0,6	:	0,4								
2	:	3								
Преобразуем исходную формулу сложного эфира $\text{NH}_2\text{-CH(-X-COOC}_3\text{H}_7)\text{-COOC}_3\text{H}_7$ $M = 231$ $\nu(\text{сл. эфиры}) = \frac{1}{2} \nu(\text{-COOC}_3\text{H}_7) = 0,2$ $M(\text{сл. эфиры}) = \frac{m}{\nu} = \frac{43,4}{0,2} = 217 \text{ г/моль}$	2									
$M(\text{X}) = 231 \text{ г/моль} - 217 = 14 \quad (-\text{CH}_2)$ $\text{NH}_2\text{-CH(-CH}_2\text{-COOC}_3\text{H}_7)\text{-COOC}_3\text{H}_7$ диизопропиловый эфир аспарагиновой кислоты	2									
Максимальный балл	10									

Задание 9

9.3. Через раствор хлорида натрия массой 240 г, в котором массовая доля растворителя составляет 95%, некоторое время пропускали электрический ток. Газ, полученный на аноде, собрали и пропустили через трубку с 100 г нагретого порошка меди (медь взята в избытке). В полученном твёрдом остатке массовая доля кислорода как элемента составила 12,63%. В образовавшийся после завершения электролиза раствор внесли 7,81 г оксида фосфора(V). Напишите уравнения протекающих в соответствии с условием задачи реакций. Найдите массу кислорода как элемента в твёрдом остатке. Вычислите массовую долю соли с наибольшей молярной массой в конечном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Записаны уравнения реакций $\begin{array}{l} 0,3 \text{ моль} \qquad \qquad 0,3 \text{ моль} \quad 0,15 \text{ моль} \quad 0,15 \text{ моль} \\ 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow \qquad \qquad (1) \end{array}$ $\begin{array}{l} x \text{ моль} \qquad \qquad 0,5x \text{ моль} \\ 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow \qquad \qquad (2) \end{array}$ $\begin{array}{l} 0,5x \text{ моль} \quad x \text{ моль} \\ 2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO} \qquad \qquad (3)^1 \end{array}$ $\begin{array}{l} 0,15 \text{ моль} \quad 0,15 \text{ моль} \\ \text{Cu} + \text{Cl}_2 = \text{CuCl}_2 \qquad \qquad (4) \end{array}$ $\begin{array}{l} 0,15 \text{ моль} \quad 0,15 \text{ моль} \\ \text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4 \qquad \qquad (5) \end{array}$ $\begin{array}{l} 0,3 \text{ моль} \quad 0,1 \text{ моль} \quad 0,1 \text{ моль} \\ 3\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} \qquad \qquad (6) \end{array}$ $\begin{array}{l} 0,02 \text{ моль} \quad 0,01 \text{ моль} \quad 0,03 \text{ моль} \\ 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 = 3\text{Na}_2\text{HPO}_4 \qquad \qquad (7) \end{array}$	7
Проведены необходимые вычисления: $\omega(\text{NaCl}) = 100\% - \omega(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 95 = 5\%$ $n(\text{NaCl}) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega / M = 240 \cdot 0,05 / 40 = 0,3 \text{ моль}$ При электролизе раствора хлорида натрия на аноде выделяется только газообразный хлор. Поскольку в твёрдом остатке, который получился в стеклянной трубке, содержатся атомы кислорода, можно сделать предположение, что электролиз соли (1) прошёл до конца, после чего стал протекать электролиз воды (2). Пусть разложилось x моль воды, тогда	3

¹ Согласно условию задачи, медный порошок был взят в избытке, следовательно, химические процессы, которые протекают в стеклянной трубке, можно толковать иным образом:
 $4\text{Cu(изб.)} + \text{O}_2 = 2\text{Cu}_2\text{O}$
 $2\text{Cu(изб.)} + \text{Cl}_2 = 2\text{CuCl}$
Однако, итогового решения задачи такое суждение не изменит.

$n(\text{O}_2) = 1/2n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5x$ моль – по уравнению реакции. Найдена масса твёрдого остатка в стеклянной трубке: $m(\text{тв. остатка}) = m(\text{Cu}) + m(\text{Cl}_2) + m(\text{O}_2)$ $m(\text{Cl}_2) = n \cdot M = 0,15 \cdot 71 = 10,65$ г $m(\text{O}_2) = n \cdot M = 0,5x \cdot 32 = 16x$ г $m(\text{тв. остатка}) = 100 + 10,65 + 16x = (110,65 + 16x)$ г Масса кислорода как элемента в твёрдом остатке: $n(\text{O}) = 2n(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,5x = x$ моль $m(\text{O}) = n \cdot M = 16x$ г Составлено уравнение: $\omega(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{m(\text{тв. остатка})}$ $0,1263 = \frac{16x}{110,65 + 16x}$ $x = 1$ $m(\text{H}_2\text{O})_{\text{разл.}} = n \cdot M = 18x = 18 \cdot 1 = 18$ г	
При добавлении P_2O_5 к полученному после электролиза раствору образуется фосфорная кислота (5), которая, в момент получения, вступает во взаимодействие с гидроксидом калия. $n(\text{P}_2\text{O}_5) = m / M = 7,81 / 142 = 0,055$ моль $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2n(\text{P}_2\text{O}_5) = 2 \cdot 0,055 = 0,11$ моль – по уравнению реакции (5) $n(\text{NaOH}) = n(\text{NaCl}) = 0,3$ моль – по уравнению реакции (1) После получения фосфорная кислота находится в избытке гидроксида калия, следовательно, на первой стадии будет протекать реакция (6). После завершения реакции (6) в растворе остаются: $n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,1$ моль $n(\text{H}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = 0,11 - 0,1 = 0,01$ моль. Фосфорная кислота оказывается в избытке, следовательно, процессы не заканчиваются и протекает вторая стадия – реакция (7). Таким образом, в конечном растворе содержатся: $n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 3n(\text{H}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = 3 \cdot 0,01 = 0,03$ моль – по уравнению реакции (7) $m(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = n \cdot M = 0,03 \cdot 142 = 4,26$ г $n(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = 0,1 - 0,02 = 0,08$ моль $m(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = n \cdot M = 0,08 \cdot 164 = 13,12$ г	2
Найдена массовая доля соли с наибольшей молярной массой в конечном растворе. Масса конечного раствора: $m(\text{р-ра}) = m_{\text{р-ра}}(\text{NaCl}) - m(\text{Cl}_2) - m(\text{H}_2) - m(\text{H}_2\text{O})_{\text{разл.}} + m(\text{P}_2\text{O}_5)$ $m(\text{H}_2) = n \cdot M = 0,15 \cdot 2 = 0,3$ г $m(\text{р-ра}) = 240 - 10,65 - 0,3 - 18 + 7,81 = 218,86$ г $\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = m(\text{Na}_3\text{PO}_4) / m(\text{р-ра}) = 13,12 / 218,86 = 0,06$ (6%)	2
Максимальный балл	14

Задание 10

10.3. Раствор формальдегида используют в медицине в качестве наружного антисептического средства для дезинфекции кожи и инструментов.

Для количественного определения формальдегида в растворе из мерной колбы емкостью 500 мл с помощью аналитической пипетки была отобрана аликвотная доля 10 мл в колбу для титрования. После чего мерным цилиндром отмерено некоторое количество раствора йода и гидроксида натрия. По истечении 10 минут в эту же колбу добавили 25 мл кислоты серной, после чего проведено титрование раствором тиосульфата натрия. Приведите уравнения всех реакций. Рассчитайте массу формальдегида в исходном растворе, если на титрование затрачено 15,0 мл 0,1М раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{I}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{NaIO} + \text{NaI} + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{H}-\text{C}(\text{O})-\text{H} + \text{NaIO} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HCOONa} + \text{NaI} + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{NaIO} + \text{NaI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	2
$\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$	2
$\nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = CV = 0,1 * 0,015 = 0,0015$ $\nu(\text{I}_2) = \frac{1}{2} \nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,00075$ $\nu(\text{NaIO}) = \nu(\text{I}_2) = 0,00075$ $\nu(\text{H}-\text{C}(\text{O})-\text{H}) = 0,00075$ $m(\text{H}-\text{C}(\text{O})-\text{H}) = 0,0225$	4
$0,0225 - \quad \quad 10 \text{ мл}$ $X \quad \quad \quad - \quad \quad 500 \text{ мл}$ $X = 1,125 \text{ г}$	2
Максимальный балл	14

Задание 1

1.4. Команда исследователей из Кольского научного центра Российской академии наук и Санкт-Петербургского госуниверситета описала ранее неизвестный науке минерал. Его обнаружили в месторождении Кестёр (Республика Саха). Минерал получил имя сергейсмирновит в честь выдающегося советского ученого, крупнейшего специалиста в области минералогии рудных месторождений члена Академии наук СССР Сергея Смирнова. Исследователи предположили, что новый минерал может обладать хорошей протонной проводимостью. Благодаря этому синтетические аналоги сергейсмирновита возможно будет применять в качестве основы для создания сверхъёмких аккумуляторов, которые могут использоваться во всех сферах и направлениях медицинской деятельности, от химических исследований и санаторно-профилактической области до оказания экстренной помощи при проведении хирургических операций.

Взятый на анализ образец породы месторождения из Верхоянского улуса содержит фосфатные минералы сергейсмирновит ($\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) и хлорапатит ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$). Анализ показал, что смесь содержит $8,6688 \cdot 10^{23}$ атомов кислорода и $1,5652 \cdot 10^{23}$ атомов фосфора. Рассчитайте массу образца.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\nu(\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = X$ $\nu(\text{O}) = 12X$ $\nu(\text{P}) = 2X$ $\sum \nu(\text{O}) = \frac{N(\text{O})}{N_A} = \frac{8,6688 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,44$ $\sum \nu(\text{P}) = \frac{N(\text{P})}{N_A} = \frac{1,5652 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,26$ $\begin{cases} 12X + 24Y = 1,44 \\ 2X + 6Y = 0,26 \end{cases} \quad \begin{matrix} X + 3Y = 0,13 \\ 12(0,13 - 3Y) + 24Y = 1,44 \\ 1,56 - 36Y - 24Y = 1,44 \\ 0,12 = 12X \\ X = 0,1 \\ Y = 0,01 \end{matrix} \quad \begin{matrix} X = 0,13 - 3Y \\ X = 0,13 - 3Y \end{matrix}$	3
$m(\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = M \cdot \nu = 416 \cdot 0,1 = 41,6$ $m(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2) = M \cdot \nu = 1041 \cdot 0,01 = 10,41$ $\sum m_{\text{обр}} = 52,01$	3
Максимальный балл	6

Задание 2

2.4. Для лечения кандидозов применяют лекарственный препарат, который получают путём растворения кристаллогидрата тетрабората натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в глицерине. Вычислите массовую долю кислорода как элемента в исходном лекарственном препарате, если массовая доля атомов водорода в препарате составляет 8%.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Пусть $n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = x$ моль, а $n(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = y$ моль, тогда x моль $20x$ моль $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow 20\text{H}$ y моль $8y$ моль $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \rightarrow 8\text{H}$ Примем, что масса лекарственного препарата равна 100 г, следовательно $\begin{cases} 382x + 92y = 100 \\ 20x + 8y = 8 \end{cases} ; \begin{cases} x = \frac{1}{19} \\ y = \frac{33}{38} \end{cases}$	3
$n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 17n_1(\text{O}) = \frac{17}{19}$ моль $n(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 3n_2(\text{O}) = \frac{99}{38}$ моль $m(\text{O}) = (n_1 + n_2) \cdot M = \left(\frac{17}{19} + \frac{99}{38}\right) \cdot 16 = 3,5 \cdot 16 = 56$ г $\omega(\text{O}) = m(\text{O}) / m(\text{препарата}) = 56 / 100 = 0,56$ (56%)	3
Максимальный балл	6

Задание 3

3.4. Метилметакрилат и метакриловая кислоты являются основными мономерами при изготовлении полимерных стоматологических конструкционных изделий.

Акриловую и метакриловую кислоты растворили в смеси органических растворителей, содержащей пентан и циклогексан. Масса раствора составила 96,61 г. Такая же смесь органических кислот способна обесцветить 21,064 г перманганата калия в нейтральном растворе на холоду. Смесь растворителей такого же состава, который был использован для растворения кислот, сожгли, а продукты сгорания пропустили последовательно через трубку с оксидом фосфора (V) и колбу с избытком баритовой воды. Масса трубки увеличилась на 108 г, а масса осадка в колбе составила 1083,5 г. Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси, а также массу 8%-ной бромной воды, которая может прореагировать с количественно выделенными из исходной смеси метакриловой кислотой и метилметакрилатом.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$3\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOH}+2\text{KMnO}_4+4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{0^\circ\text{C}} 3\text{HO-CH}_2\text{-C}(\text{OH})(\text{CH}_3)\text{-COOH} + 3\text{KOH}+2\text{MnO}_2$ $3\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOCH}_3+2\text{KMnO}_4+4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{0^\circ\text{C}} 3\text{HO-CH}_2\text{-C}(\text{OH})(\text{CH}_3)\text{-COOCH}_3 + 2\text{KOH}+2\text{MnO}_2$ $\text{C}_6\text{H}_{12} + \text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2+6\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_5\text{H}_{12}+\text{O}_2\rightarrow 5\text{CO}_2+6\text{H}_2\text{O}$ $\text{P}_2\text{O}_5+3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$ $\text{Ba}(\text{OH})_2+\text{CO}_2=\text{BaCO}_3\downarrow+\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOH}+\text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br-C}(\text{CH}_3)(\text{Br})\text{-COOH}$ $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOCH}_3+\text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br-C}(\text{CH}_3)(\text{Br})\text{-COOCH}_3$ $\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}) = X \quad \nu(\text{CO}_2) = 6X \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = 6X$ $\nu(\text{C}_5\text{H}_{12}) = Y \quad \nu(\text{CO}_2) = 5Y \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = 5Y$ $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{108}{18}=6$ $6X+6Y=6$ $6X=6-6Y$ $\nu(\text{BaCO}_3) = \frac{1083,5}{197}=5,5$ $\nu(\text{CO}_2) = 5,5$ $6X+5Y=5,5$ $6-6Y+5Y=5,5$ $0,5=Y$ $X=0,5$	2

$m(C_6H_{12}) = 0,5 \cdot 84 = 42$ $m(C_5H_{12}) = 0,5 \cdot 72 = 36$ $m(\text{кислот}) = \sum m - m(C_6H_{12}) - m(C_5H_{12}) = 96,6 - 42 - 36 = 18,6$ $\nu(C_4H_6O_2) = a \quad m(C_4H_6O_2) = 86a$ $\nu(C_5H_8O_2) = b \quad m(C_5H_8O_2) = 100b$ $\nu(KMnO_4) = \frac{21,064}{158} = 0,13333$ $\begin{cases} 86a + 100b = 18,6 \\ \frac{3}{2}a + \frac{2}{3}b = 0,13333 \end{cases}$ $a = 0,1; \quad b = 0,1$	2
$m(C_4H_6O_2) = 86 \cdot 0,1 = 8,6$ $m(C_5H_8O_2) = 100 \cdot 0,1 = 10$ $\omega(C_4H_6O_2) = \frac{8,6}{96,6} = 8,9\%$ $\omega(C_5H_8O_2) = \frac{10}{96,6} = 10,4\%$ $\omega(C_6H_{12}) = \frac{42}{96,6} = 43,6\%$ $\omega(C_5H_{12}) = \frac{36}{96,6} = 37,1\%$ $\nu(Br_2) = 0,2$ $m(Br_2) = 80$ $m(8\% \text{p-}pa) = 1000$	2
Максимальный балл	8

Задание 4

4.4. Лекарственный препарат, относящийся к группе аномальных нуклеозидов, обладает эффективным действием в отношении вирусов герпеса.

Для гравиметрического анализа навеску лекарственного препарата массой 321 мг подвергли полной минерализации путём длительного кипячения с концентрированной серной кислотой. В результате получили 330 мг сульфата аммония, 348 мл углекислого газа, 646 мл оксида серы(IV) (давление 99725 Па, температура 25°C) и 0,504 мл воды. Сделайте допущение, что все атомы азота, находящиеся в составе неизвестного органического вещества, после окончания минерализации оказались в катионах аммония. Найдите молекулярную формулу искомого лекарственного препарата. Укажите суммарное число валентных электронов всех атомов, которые содержатся в одном моле исходного лекарственного препарата

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$C_xH_yO_zN_a + H_2SO_4(\text{конц.}) \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + CO_2 + SO_2 + H_2O$ Для решения задачи сделаем важное допущение, что весь азот органического вещества перешёл в ионы аммония. $n(C) = n(CO_2) = p \cdot V / R \cdot T = 99725 \cdot 3,48 \cdot 10^{-4} / 8,314 \cdot 298 = 0,014 \text{ моль}$ $n(N) = 2n((NH_4)_2SO_4) = 2m / M = 2 \cdot 0,33 / 132 = 0,005 \text{ моль}$ Содержание атомов водорода найдем, используя закон сохранения массы (масса атомов водорода до и после реакции должны быть одинаковы) $n(SO_2) = n_1(H_2SO_4) = p \cdot V / R \cdot T = 99725 \cdot 6,46 \cdot 10^{-4} / 8,314 \cdot 298 = 0,026 \text{ моль}$ $n_2(H_2SO_4) = n((NH_4)_2SO_4) = m / M = 0,33 / 132 = 0,0025 \text{ моль}$ $n(H_2SO_4) = n_1 + n_2 = 0,026 + 0,0025 = 0,0285 \text{ моль}$ Пусть $n(H)$ в органическом веществе равен y моль, тогда $n(H) \text{ в } H_2SO_4 = 2n(HNO_3) = 2 \cdot 0,0285 = 0,057 \text{ моль}$ $n(H) \text{ в } (NH_4)_2SO_4 = 8n((NH_4)_2SO_4) = 8 \cdot 0,0025 = 0,02 \text{ моль}$ $n(H) \text{ в } H_2O = 2n(H_2O) = 2m / M = 2 \cdot 0,504 / 18 = 0,056 \text{ моль.}$ Составляем равенство: $y + 0,057 = 0,02 + 0,056$ $y = 0,019$	2
Найдена масса атомов кислорода в лекарственном препарате: $m(O) = m(\text{в-ва}) - m(C) - m(H) - m(N) = 0,321 - (12 \cdot 0,014) - (1 \cdot 0,019) - (14 \cdot 0,005) = 0,064 \text{ г}$ $n(O) = m / M = 0,064 / 16 = 0,004 \text{ моль}$	2
Найдена молекулярная формула: $n(C) : n(H) : n(N) : n(O) = 0,014 \text{ моль} : 0,019 \text{ моль} : 0,005 \text{ моль} : 0,004 \text{ моль} =$ $= 3,5 : 4,75 : 1,25 : 1 = 14 : 19 : 5 : 4;$ $C_{14}H_{19}N_5O_4$	2
Найдено суммарное число валентных электронов всех атомов, которые содержатся в одном моле исходного лекарственного препарата. В 1 моле $C_{14}H_{19}N_5O_4$ содержится $n(\bar{e}) = (14 \cdot 4) + (19 \cdot 1) + (5 \cdot 5) + (4 \cdot 6) = 124 \text{ моль}$	2
Максимальный балл	8

Задание 5

5.4. Оксид мышьяка (III) представляет собой высокотоксичное соединение. С древних времен используется в китайской медицине, а также в гомеопатии. Имеются данные о возможности использования в терапии аутоиммунных заболеваний.

При обработке оксида мышьяка раствором серной кислоты с добавлением гранул цинка получен газ А, при смешивании которого с фосфином образуется газовая смесь с плотностью по гелию 12,1675. При пропускании газовой смеси через раствор нитрата серебра, получена такая масса металла, при взаимодействии которой с HClO_3 образуется 405,5 г солей. Найдите массу оксида мышьяка, взятого в начале превращений, а также массу чистого мышьяка, которая может быть получена при восстановлении оксида углем.

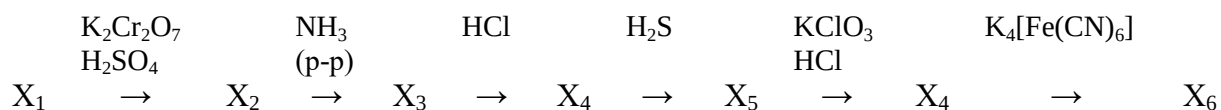
РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{As}_2\text{O}_3 + 6\text{Zn} + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{AsH}_3 + 6\text{ZnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ $2\text{AsH}_3 + 12\text{AgNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 12\text{Ag} \downarrow + \text{As}_2\text{O}_3 + 12\text{HNO}_3$	2
$\text{PH}_3 + 8\text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 8\text{Ag} \downarrow + \text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{HNO}_3$ $6\text{Ag} + 6\text{HClO}_3 = \text{AgCl} \downarrow + 5\text{AgClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	2
$78X + 34Y / X + Y = 48,67$ $Y = 2X$	2
$\nu(\text{Ag})_1 = 6X$ $\nu(\text{Ag})_2 = 8Y$ $\sum \nu(6X + 8Y)$ $\nu(\text{AgCl}) = \frac{1}{6}(6X + 8Y) \quad \nu(\text{AgCl}) = 23,96(6X + 8Y)$ $\nu(\text{AgClO}_3) = \frac{5}{6}(6X + 8Y) \quad \nu(\text{AgClO}_3) = 159,6(6X + 8Y)$ $\sum 405,5$ $1474,56Y + 1106,02X = 405,5$ $X = 0,1$ $Y = 0,2$	2
$\text{As}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{As} + 3\text{CO}$ $\nu(\text{As}_2\text{O}_3) = \nu(\text{AsH}_3) = 0,05 \quad \nu(\text{As}_2\text{O}_3) = 0,05 \cdot 198 = 9,9$ $\nu(\text{As}) = 0,1 \quad m(\text{As}) = 75 \cdot 0,1 = 7,5$	2
Максимальный балл	10

Задание 6

6.4. Напишите уравнения реакций, соответствующие цепочке превращений.

Все вещества сложные, содержат железо. Вещество X_1 –растворимая в воде соль, из водных растворов кристаллизуется в виде голубовато-зеленого кристаллогидрата, применяется для лечения и профилактики анемии в составе препаратов «Темофер пролангатум» и «фероплекс».

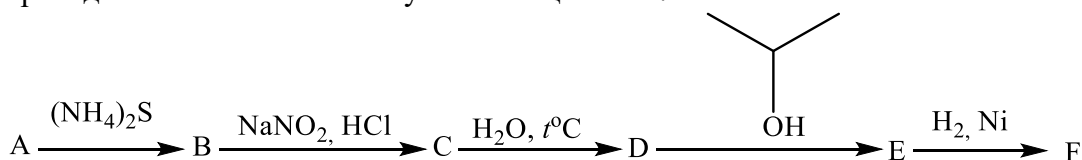


РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$6\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 7\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NH}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2
$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	2
$2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} + 2\text{FeCl}_2 + 2\text{HCl}$	2
$6\text{FeCl}_2 + \text{KClO}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 6\text{FeCl}_3 + \text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{FeCl}_3 + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 3\text{KCl}$	2
Максимальный балл	12

Задание 7

7.4. Органическое вещество F является известным средством для лечения простуд и ревматизмов. В этом веществе имеется два различных углеводородных заместителя, которые находятся на максимальном расстоянии друг от друга. Между углеводородными заместителями располагается кислородсодержащая группа, находящаяся на минимальном расстоянии от углеводородного радикала с большей молярной массой. Вещество А, которое можно представить молекулярной формулой $C_xH_xO_{2y}N_y$, имеет два различных заместителя, находящиеся относительно друг друга в *мета*-положении. Известно, что в веществе А массовая доля протонов всех ядер атомов равна 52,555%. Установите структурные формулы соединений А – F. Напишите уравнения реакций, соответствующие приведенной ниже схеме получения вещества F:



РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию		Баллы
Установлена структурная формула вещества А 1) Сделаны необходимые вычисления $\begin{cases} 13x + 46y = 100 \\ 7x + 23y = 52,555 \end{cases}; \begin{cases} x = 5,11 \\ y = 0,73 \end{cases}$ $x : y = 5,11 : 0,73 = 7 : 1$ 2) Найдена молекулярная формула вещества А – $C_7H_7O_2N$ 3) Найдена структурная формула вещества А		2
1) A B		2
2) B C		2
3) C D		2
4) D E		2
5) E F		2
Максимальный балл		12

Задание 8

8.4. При щелочном гидролизе сложного эфира массой 21,7 г. образуется соль А и спирт. При окислении спирта раствором дихромата калия в сернокислой среде, образуется органическое вещество Б, которое может быть получено при пиролизе ацетата магния. При взаимодействии Б с аммиаком и водородом в присутствии никеля при температуре 125-175⁰С образуется органическое соединение массой 11,8 г. Для получения из соли А, соли природной α-аминокислоты затрачено 24,3 г HBr. Напишите все уравнения приведенных реакций. Установите формулу исходного сложного эфира и природной α-аминокислоты.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы												
$\text{NH}_2\text{-CH(R')}\text{-COOR''} + \text{NaOH} \rightarrow \text{R''OH} + \text{NH}_2\text{-CH(R')}\text{-COONa}$ R''OH –изопропанол так как $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg} \rightarrow \text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3 + \text{MgCO}_3$ Это же соединение образуется при окислении изопропанола дихромата в серной кислоте. $3\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 7\text{H}_2\text{O}$	2												
$\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni,t,P}} \text{CH}_3\text{-CH(NH}_2\text{)-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\nu(\text{CH}_3\text{-CH(NH}_2\text{)-CH}_3) = \frac{m}{M} = \frac{11,8}{59} = 0,2$ моль $\nu(\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3) = \nu(\text{CH}_3\text{-CH(NH}_2\text{)-CH}_3) = 0,2$ моль $\nu(\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3) = \nu(\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3) = 0,2$ моль $\nu(\text{-COOC}_3\text{H}_7) = \nu(\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3) = 0,2$ моль	2												
$\text{NH}_2\text{-CH(R')}\text{-COONa} + \text{HBr} \rightarrow \text{NaBr} + \text{BrNH}_3\text{-CH(R')}\text{-COOH}$ $\nu(\text{HBr}) = \frac{m}{M} = \frac{24,3}{81} = 0,3$ моль <table><tr><td>$\nu(\text{HBr})$</td><td>:</td><td>$\nu(\text{-COOR})$</td></tr><tr><td>0,3</td><td>:</td><td>0,2</td></tr><tr><td>1,5</td><td>:</td><td>1</td></tr><tr><td>3</td><td>:</td><td>2</td></tr></table> в молекуле аминокислоты 2 карбоксигруппы	$\nu(\text{HBr})$	:	$\nu(\text{-COOR})$	0,3	:	0,2	1,5	:	1	3	:	2	2
$\nu(\text{HBr})$	:	$\nu(\text{-COOR})$											
0,3	:	0,2											
1,5	:	1											
3	:	2											
Преобразуем исходную формулу сложного эфира $\text{NH}_2\text{-CH(-X-COOC}_3\text{H}_7\text{)-COOC}_3\text{H}_7$ $M = 231$ $\nu(\text{сл. эфиры}) = \frac{1}{2} \nu(\text{-COOC}_3\text{H}_7) = 0,1$ $M(\text{сл. эфиры}) = \frac{m}{\nu} = \frac{21,7}{0,1} = 217$ г/моль	2												
$M(\text{X}) = 231 \text{ г/моль} - 217 = 14 \quad (-\text{CH}_2)$ $\text{NH}_2\text{-CH(-CH}_2\text{-COOC}_3\text{H}_7\text{)-COOC}_3\text{H}_7$ диизопропиловый эфир аспарагиновой кислоты	2												
Максимальный балл	10												

Задание 9

9.4. Через раствор хлорида натрия массой 240 г, в котором массовая доля растворителя составляет 95%, некоторое время пропускали электрический ток. Газ, полученный на аноде, собрали и пропустили через трубку с 100 г нагретого порошка меди (медь взята в избытке). В полученном твёрдом остатке массовая доля кислорода как элемента составила 12,63%. В образовавшийся после завершения электролиза раствор внесли 7,81 г оксида фосфора(V). Напишите уравнения протекающих в соответствии с условием задачи реакций. Найдите массу кислорода как элемента в твёрдом остатке. Вычислите массовую долю соли с наименьшей молярной массой в конечном растворе.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Записаны уравнения реакций 0,3 моль 0,3 моль 0,15 моль 0,15 моль $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow$ (1) x моль 0,5x моль $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$ (2) 0,5x моль x моль $2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$ (3)¹ 0,15 моль 0,15 моль $\text{Cu} + \text{Cl}_2 = \text{CuCl}_2$ (4) 0,15 моль 0,15 моль $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$ (5) 0,3 моль 0,1 моль 0,1 моль $3\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ (6) 0,02 моль 0,01 моль 0,03 моль $2\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 = 3\text{Na}_2\text{HPO}_4$ (7)	7
Проведены необходимые вычисления: $\omega(\text{NaCl}) = 100\% - \omega(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 95 = 5\%$ $n(\text{NaCl}) = m(\text{p-ра}) \cdot \omega / M = 240 \cdot 0,05 / 40 = 0,3 \text{ моль}$ При электролизе раствора хлорида натрия на аноде выделяется только газообразный хлор. Поскольку в твёрдом остатке, который получился в стеклянной трубке, содержатся атомы кислорода, можно сделать предположение, что электролиз соли (1) прошёл до конца, после чего стал протекать электролиз воды (2). Пусть разложилось x моль воды, тогда $n(\text{O}_2) = 1/2n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5x \text{ моль}$ – по уравнению реакции.	3

¹ Согласно условию задачи, медный порошок был взят в избытке, следовательно, химические процессы, которые протекают в стеклянной трубке, можно толковать иным образом:
 $4\text{Cu}(\text{изб.}) + \text{O}_2 = 2\text{Cu}_2\text{O}$
 $2\text{Cu}(\text{изб.}) + \text{Cl}_2 = 2\text{CuCl}$
Однако, итогового решения задачи такое суждение не изменит.

Найдена масса твёрдого остатка в стеклянной трубке: $m(\text{тв. остатка}) = m(\text{Cu}) + m(\text{Cl}_2) + m(\text{O}_2)$ $m(\text{Cl}_2) = n \cdot M = 0,15 \cdot 71 = 10,65 \text{ г}$ $m(\text{O}_2) = n \cdot M = 0,5x \cdot 32 = 16x \text{ г}$ $m(\text{тв. остатка}) = 100 + 10,65 + 16x = (110,65 + 16x) \text{ г}$ Масса кислорода как элемента в твёрдом остатке: $n(\text{O}) = 2n(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,5x = x \text{ моль}$ $m(\text{O}) = n \cdot M = 16x \text{ г}$ Составлено уравнение: $\omega(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{m(\text{тв. остатка})}$ $0,1263 = \frac{16x}{110,65 + 16x}$ $x = 1$ $m(\text{H}_2\text{O})_{\text{разл.}} = n \cdot M = 18x = 18 \cdot 1 = 18 \text{ г}$	
При добавлении P_2O_5 к полученному после электролиза раствору образуется фосфорная кислота (5), которая, в момент получения, вступает во взаимодействие с гидроксидом калия. $n(\text{P}_2\text{O}_5) = m / M = 7,81 / 142 = 0,055 \text{ моль}$ $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2n(\text{P}_2\text{O}_5) = 2 \cdot 0,055 = 0,11 \text{ моль}$ – по уравнению реакции (5) $n(\text{NaOH}) = n(\text{NaCl}) = 0,3 \text{ моль}$ – по уравнению реакции (1) После получения фосфорная кислота находится в избытке гидроксида калия, следовательно, на первой стадии будет протекать реакция (6). После завершения реакции (6) в растворе остаются: $n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,1 \text{ моль}$ $n(\text{H}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = 0,11 - 0,1 = 0,01 \text{ моль.}$ Фосфорная кислота оказывается в избытке, следовательно, процессы не заканчиваются и протекает вторая стадия – реакция (7). Таким образом, в конечном растворе содержатся: $n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 3n(\text{H}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = 3 \cdot 0,01 = 0,03 \text{ моль}$ – по уравнению реакции (7) $m(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = n \cdot M = 0,03 \cdot 142 = 4,26 \text{ г}$ $n(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = 0,1 - 0,02 = 0,08 \text{ моль}$ $m(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{\text{изб.}} = n \cdot M = 0,08 \cdot 164 = 13,12 \text{ г}$	2
Найдена массовая доля соли с наименьшей молярной массой в конечном растворе. Масса конечного раствора: $m(\text{р-ра}) = m_{\text{р-ра}}(\text{NaCl}) - m(\text{Cl}_2) - m(\text{H}_2) - m(\text{H}_2\text{O})_{\text{разл.}} + m(\text{P}_2\text{O}_5)$ $m(\text{H}_2) = n \cdot M = 0,15 \cdot 2 = 0,3 \text{ г}$ $m(\text{р-ра}) = 240 - 10,65 - 0,3 - 18 + 7,81 = 218,86 \text{ г}$ $\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = m(\text{Na}_2\text{HPO}_4) / m(\text{р-ра}) = 4,26 / 218,86 = 0,02 \text{ (2\%)}$	2
Максимальный балл	14

Задание 10

10.4. Натрия нитрит используют в виде таблеток и инъекционных форм, вводимых подкожно и внутривенно как коронарорасширяющее средство при стенокардии.

Для количественного определения точную навеску нитрита натрия, взятую на аналитических весах, растворили в мерной колбе ёмкостью 500 мл. Для анализа взяли аликвотную долю объемом 10 мл, в которую добавили 5 мл 0,25М раствора перманганата калия в присутствии серной кислоты. По истечении 20 минут в колбу для титрования добавили йодид калия и протитровали выделившийся йод 0,1 М раствором тиосульфата натрия. Приведите уравнения всех реакций. Рассчитайте массу взятого нитрита натрия, если на титрование затрачено 10,0 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

РЕШЕНИЕ

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$5\text{NaNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{NaNO}_3 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	2
$2\text{KMnO}_4 + 10\text{KI} + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{I}_2 + 6\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_4\text{S}_4\text{O}_6$	2
$v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = CV = 0,1 \cdot 0,01 = 0,001$ $v(\text{I}_2) = \frac{1}{2} v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,0005$ $v(\text{KMnO}_4)_{\text{изб}} = 0,0002$ $\sum v(\text{KMnO}_4) = CV = 0,25 \cdot 0,005 = 0,00125$	3
$v(\text{KMnO}_4)_1 = \sum v(\text{KMnO}_4) - v(\text{KMnO}_4)_{\text{изб}} = 0,00105$ $v(\text{NaNO}_2) = \frac{5}{2} v(\text{KMnO}_4) = 0,002625$ $m(\text{NaNO}_2) = 69 \cdot 0,002625 = 0,181125$	3
0,181125 - 10 мл X - 500 мл X=9,06	2
Максимальный балл	14