

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>Химия</i>	<i>11 класс</i>	<i>14 ноября 2024 г</i>	<i>10-00</i>	<i>13-55</i>

Задание 1. «Голодные аборигены» (28 баллов).

«Планета Шелезяка. Полезных ископаемых нет. Воды нет. Растительности нет. Населена роботами».

Кир Булычѳв. «Путешествие Алисы».

Для аборигенов планеты Шелезяка, которым не рады ни в одном из самых захудалых ресторанов Галактики «Млечный путь», автор задачи разработал специальное меню, блюда из которого они могут заказать в оргкомитете олимпиады:



Блюдо	Состав [в скобках - массовая доля Fe в указанном компоненте блюда, %]	Масса, г*	у.е.ш.**
Винегрет	Стружка стальная [97], магнетит кусочками [72,4], петли дверные вывороченные и мелко порубленные [100], гвозди гнутые тупые (слегка ржавые) [95], масло машинное [0]	60/50/ 30/30/ 15	160
Салатик грибной «Остренький»	Кнопки строительные кровельные [100], гвозди жареные [98], проволока стальная колечками (пассивированная) [95], масло рапсовое [0]	75/60/ 30/15	170
Макароны по-флотски	Леска капроновая толстая (на сома) [0] с жареным фаршем из опилок железных [100]	120/ 150	160
Манты «Гурман» пикантные на пару	Тесто из замазки Менделеевской [12,6], начинка из рубленой колючей проволоки [100]	100/ 130	150
Стейк слабо прожаренный с вермишелью «Паутинка»	Пирит слегка обожженный [46,5], нить шелковая (свежезапутанная) [0]	300/ 100	200
Майонез «Лимонный»	Лимонит тонкорастертый [62,9], в силиконовом масле [0]	4/26	10
Кетчуп «Особый»	Водный 36 % раствор хлорного железа [34,4], водный 65 % раствор роданида калия [0]	15/15	8
Напиток газированный «Гархун»	Раствор сидерита [48,2] в 2 % соляной кислоте [0]	5/200	24
Коктейль «Турнбулева Синь»	Водный 8 % раствор соли Мора [19,7], водный 7 % раствор красной кровяной соли [17,0]	80/ 120	27

* - масса компонентов порции дана в порядке их упоминания в столбце «Состав»;

** - цена блюда в условных единицах Шелезяки.

Два голодных робота **Шеля** и **Зяка** на днях заказали обеды в нашем оргкомитете:

Шеля: винегрет, макароны по-флотски, стейк, две порции майонеза и напиток «Гархун»;

Зяка: салатик грибной, манты, стейк, две порции кетчупа и коктейль «Турнбулева Синь».

1. Вычислите массу железа в каждом блюде и установите, сколько железа заказал каждый из роботов. Какую сумму в итоге заплатил каждый из них и кто сделал более выгодный заказ, в среднем получив больше железа на каждую вложенную у.е.ш.?

1. Вычислим общую массу элемента железа в каждом блюде.

Винегрет: $60 \cdot 0,97 + 50 \cdot 0,724 + 30 \cdot 1 + 30 \cdot 0,95 + 15 \cdot 0 = 152,9$ г.

Салатик грибной: $75 \cdot 1 + 60 \cdot 0,98 + 30 \cdot 0,95 + 15 \cdot 0 = 162,3$ г.

Макароны по-флотски: $120 \cdot 0 + 150 \cdot 1 = 150$ г.

Манты «Гурман»: $100 \cdot 0,126 + 130 \cdot 1 = 142,6$ г.

Стейк: $300 \cdot 0,465 + 100 \cdot 0 = 139,5$ г.

Майонез «Лимонный»: $4 \cdot 0,629 + 26 \cdot 0 = 2,5$ г.

Кетчуп «Особый»: $15 \cdot 0,36 \cdot 0,344 + 15 \cdot 0,65 \cdot 0 = 1,9$ г.

Напиток «Тархун»: $5 \cdot 0,482 + 200 \cdot 0,02 \cdot 0 = 2,4$ г;

Коктейль «Турнбулева Синь»: $80 \cdot 0,08 \cdot 0,197 + 120 \cdot 0,07 \cdot 0,17 = 2,7$ г.

Шеля: винегрет (152,9 г Fe; 160 у.е.ш.), макароны по-флотски (150; 160), стейк (139,5; 200), две порции майонеза (2*2,5; 2*10) и напиток «Тархун» (2,4; 24).

Общая масса железа $152,9 + 150 + 139,5 + 2 \cdot 2,5 + 2,4 = 449,8$ г.

Общая стоимость $160 + 160 + 200 + 2 \cdot 10 + 24 = 564$ у.е.ш.

Получается $564/449,8 = 1,254$ у.е.ш. за 1 г Fe.

Зяка: салатик грибной (162,3 г Fe; 170 у.е.ш.), манты (142,6; 150), стейк (139,5; 200), две порции кетчупа (2*1,9; 2*8) и коктейль «Турнбулева Синь» (2,7; 27).

Общая масса железа $162,3 + 142,6 + 139,5 + 2 \cdot 1,9 + 2,7 = 450,9$ г.

Общая стоимость $170 + 150 + 200 + 2 \cdot 8 + 27 = 563$ у.е.ш.

Получается $563/450,9 = 1,249$ у.е.ш. за 1 г Fe.

Таким образом, немного больше железа (всего на 1,1 г) в результате досталось Зяке. Поскольку он потратил на 1 у.е.ш. меньше, он же и сделал относительно более выгодный заказ, в среднем получив больше железа на каждую вложенную у.е.ш. Правда разница в оплате каждого приобретенного грамма железа получилась очень и очень незначительной.

1. Расчет массы железа в каждом блюде по 0,5 б., масса железа у каждого робота по 1 б., стоимость каждого заказа по 1 б., вывод о том, что у Зяки покупка выгоднее 0,5 б. ($0,56 \cdot 9 + 16 \cdot 2 + 16 \cdot 2 + 0,56 = 9$ баллов).

2. Напишите формулы упомянутых в меню соединений железа: магнетита, пирита, лимонита, хлорного железа, сидерита, соли Мора и красной кровяной соли. Если Вы не помните каких-то названий, Вам могут помочь данные о массовых долях железа в этих веществах, приведенные в меню. Отметим, однако, что соль Мора содержит кристаллизационную воду, и массовая доля железа в такой соли составляет 14,24 % (в меню эта доля рассчитана на безводную соль).

2. Магнетит – Fe_3O_4 , пирит – FeS_2 , лимонит – $FeOOH$, хлорное железо – $FeCl_3$, сидерит – $FeCO_3$, соль Мора – $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$, красная кровяная соль – $K_3[Fe(CN)_6]$.

2. Формулы веществ по 1 б. (16*7 = 7 баллов).

3. Как пассивируют луковые кольца, Вы, вероятно, видели не раз. А как следует правильно пассивировать колечки из стальной проволоки? Чем отличаются поверхности пассивированного и не пассивированного железа, и к каким изменениям в свойствах металла приводит пассивация?

3. Самый простой и эффективный способ пассивировать стальные колечки – опустить их на некоторое время в концентрированную азотную или серную кислоту. Как правило, пассивация металлов заключается в обработке их поверхности окислителями, в результате чего на поверхности металла образуется чрезвычайно тонкая и плотная оксидная пленка. Пассивированный металл оказывается в существенно меньшей степени подверженным процессам коррозии и заметно менее реакционноспособен, чем не пассивированный.

3. Способ пассивации 1 б., оксидная пленка 1 б., снижение активности 1 б. (16+16+16 = 3 балла).

4. Напишите уравнение реакции, приводящей к ржавлению гвоздей, уравнение реакции, которая пройдет на поверхности стейка, если он сильно подгорит (иначе говоря, его сильно обожгут), а также уравнение реакции растворения сидерита в соляной кислоте.

4. Ржавлением называют процесс взаимодействия железа с кислородом в присутствии воды или влажного воздуха: $4Fe + 3O_2 + 2nH_2O = 2Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ($FeO(OH)$, $Fe(OH)_3$).

Обжиг пирита: $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$.

Растворение сидерита: $\text{FeCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{CO}_2\uparrow$.

4. Уравнения реакций по 1 б. (16*3 = 3 балла).

5. Как Вы думаете, почему смесь, полученная взаимодействием бурого и бесцветного растворов, называется в нашем ресторане кетчупом, а коктейль, одним из ингредиентов которого является красная кровяная соль – Турнбулевой Синью? Попробуйте написать уравнения реакций, происходящих при приготовлении этих блюд (можно в ионном виде).

5. Взаимодействие растворов, содержащих соли железа(III) и роданид-ионы, является качественной реакцией на ионы Fe^{3+} и приводит к образованию комплексных роданидов железа(III), имеющих интенсивную кроваво-красную окраску: $\text{Fe}^{3+} + n\text{SCN}^- = [\text{Fe}(\text{SCN})_n]^{3-n}$ (засчитывается реакция с любым n). Смесь наших концентрированных вязких растворов кроваво-красного цвета внешне вполне похожа на кетчуп.

А взаимодействие растворов, содержащих соли железа(II) и гексацианоферрат(III)-ионы, является качественной реакцией на ионы Fe^{2+} и приводит к образованию смеси комплексных цианидов железа(II, III), имеющих интенсивную синюю окраску: $3\text{Fe}^{2+} + 2[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} = \text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ (или любое другое уравнение с верными коэффициентами, где получается смешанновалентный комплекс, например, $\text{K}^+ + \text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} = \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$).

5. Красный и синий цвет по 1 б., уравнения реакций по 1 б. (16*2+16*2 = 4 балла).

Старинный рецепт Менделеевской замазки для «мант» включает 305 г канифоли, 80 г воска, 20 г льняной олифы, 5 г льняного масла и 90 г загадочной «мумии», которая является единственным компонентом замазки, содержащей железо. Известно, что это соединение бинарное.

6. «На закуску» Вам предлагается установить формулу той самой загадочной «мумии».

6. Масса замазки, приготовленной по рецепту, 500 г. Железа в ней $0,126 \cdot 500 = 63$ г, причем все оно содержится в 90 г «мумии». Следовательно, массовая доля железа в «мумии» $63/90 = 0,7$. Попробуем вычислить ее формулу. Если в состав молекулы «мумии» входит 1 атом железа, то ее масса $56/0,7 = 80$ а.е.м., из которых 56 приходится на железо. Остается $80-56 = 24$ а.е.м., что могло бы соответствовать двум атомам углерода, но соединения FeC_2 не существует. Если в состав молекулы «мумии» входит 2 атома железа, то ее масса $56 \cdot 2/0,7 = 160$ а.е.м., из которых 112 приходится на железо. Остается $160-112 = 48$ а.е.м., что соответствует трем атомам кислорода. Таким образом, это известный оксид железа Fe_2O_3 .

6. Формула мумии с расчетом 2 б., без расчета 1 б. (2 балла).

Всего 28 баллов.

Задание 2. «Редкий металл» (31 балл).

Единственное в России крупное предприятие по извлечению и переработке солей редкого металла **М** находится в г. Новосибирске и называется «Завод редких металлов». Завод, в частности, производит такие соли **М**, как ацетат и формиат, лактат и бензоат, гипофосфит и дигидрофосфат, перхлорат и хлорат, дихромат и тетраборат, гексафторосиликат и тиоцианат, молибдат, алюмо-Металлические квасцы и др.

1. Допустив, что металл **М** одновалентен, напишите формулы солей, производимых на заводе (например, хлорид – MCl и т.д.). Для органических солей напишите брутто-формулы (например, $\text{MS}_3\text{H}_5\text{O}_2$), а также приведите названия и структурные формулы соответствующих им кислот.

1. Формулы неорганических соединений металла **М**, производимых на заводе:

гипофосфит – MH_2PO_2 , дигидрофосфат – MH_2PO_4 , перхлорат – MClO_4 , хлорат – MClO_3 , дихромат – $\text{M}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, тетраборат – $\text{M}_2\text{B}_4\text{O}_7$, гексафторосиликат – M_2SiF_6 , тиоцианат – MSCN , молибдат – M_2MoO_4 , алюмо-Металлические квасцы – $\text{MAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Брутто-формулы органических соединений: формиат – MCHO_2 (соль муравьиной кислоты HCOOH), ацетат – $\text{MS}_2\text{H}_3\text{O}_2$ (соль уксусной кислоты CH_3COOH), лактат – $\text{MS}_3\text{H}_5\text{O}_3$ (соль молочной кислоты $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$), бензоат – $\text{MS}_7\text{H}_5\text{O}_2$ (соль бензойной кислоты $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ [PhCOOH]).

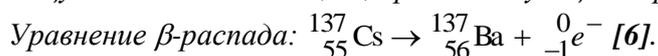
1. Формулы соединений по 0,5 б, названия органических кислот по 0,5 б., структурные формулы кислот по 0,5 б (0,5б*14+0,5б*4+0,5б*4 = 11 баллов).

Металл **М** был открыт в 1860 году немецкими учёными Бунзеном и Кирхгофом в водах минерального источника методом спектрального анализа. В металлическом состоянии он впервые был выделен в 1882 году шведским химиком Сеттербергом при электролизе расплава смеси его цианида с цианидом бария [реакция 1]. Температура плавления **М** близка к комнатной, и не очень чистый металл при нормальных условиях может оказаться жидким. Чистый **М** – очень мягкий вязкий металл, активность которого настолько высока, что он самовоспламеняется на воздухе [2] и взрывается при контакте с водой [3]. Его расплав легко реагирует с аммиаком [4] и даже углекислым газом [5].

Несмотря на сообщения, встречающиеся в средствах массовой информации, обычный, природный **М** и его соединения не радиоактивны. Радиоактивен только искусственно получаемый изотоп ^{137}M , который претерпевает бета-распад (период полураспада 30,17 лет) с образованием устойчивого изотопа другого элемента [6].

2. Напишите уравнение реакции ядерного распада изотопа ^{137}M [6] и назовите металл, о котором идет речь в задаче. Вычислите массу изотопа ^{137}M , оставшуюся в пролежавшем в хранилище ядерных отходов 90,5 лет образце, если в момент захоронения он содержал 1,2 г этого изотопа.

2. Устойчивый атом с массой 137 легко обнаруживается в ПС – это барий. При β -распаде нейтрон превращается в протон, т.е. заряд ядра и порядковый номер элемента увеличиваются на единицу. Соответственно, **М**, предшествующий барию в ПС, – это цезий.



Количество периодов полураспада, прошедших за 90,5 лет равно $90,5:30,17 = 3$. За каждый период полураспада остается половина от имевшихся атомов, соответственно за два – четверть, за три – восьмая часть, т.е. останется $1,2:8 = 0,15$ г изотопа ^{137}Cs .

2. Уравнение реакции [6] 1 б., цезий 1 б., расчет массы 3 б. (1б+1б+3б = 5 баллов).

3. Напишите уравнения реакций, протекавших на катоде [1а] и аноде [1б] у Сеттерберга, а также реакций [2-5], с помощью которых в задаче охарактеризована химическая активность **М**.

3. Уравнения реакций: катод: $\text{Cs}^+ + e = \text{Cs}$ [1а]; анод: $2\text{CN} - 2e = (\text{CN})_2$ [1б];

$\text{Cs} + \text{O}_2 = \text{Cs}_2\text{O}_2$ [2] (11 кл. за Cs_2O_2 0,5 б., Cs_2O не засчитывается);

$2\text{Cs} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CsOH} + \text{H}_2 \uparrow$ [3]; $2\text{Cs} + 2\text{NH}_3 = 2\text{CsNH}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ [4]; $4\text{Cs} + \text{CO}_2 = 2\text{Cs}_2\text{O} + \text{C}$ или

$2\text{Cs} + \text{CO}_2 = \text{Cs}_2\text{O} + \text{CO}$ (недост. CO_2) или $2\text{Cs} + 2\text{CO}_2 = \text{Cs}_2\text{CO}_3 + \text{CO}$ (изб. CO_2) [5] (засчитывается любая одна из трех приведенных реакций цезия с углекислым газом).

3. Уравнения реакций [1а], [1б] и [2-5] по 1 б. (1б*6 = 6 баллов).

4. Основной природный источник **М** – минерал поллуцит состава $\text{M}_x\text{Na}_{1-x}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$, из которого завод и получает все соединения этого металла. Рассчитайте предельные значения x (с точностью до сотых), если известно, что содержание оксида **М** в минерале колеблется от 26 до 32 масс. %.

4. Посчитаем массовую долю Cs в минерале, т. е. отношение массы Cs к молярной массе:

$$\omega = 133x / (133x + 23(1-x) + 27 + 2*28 + 6*16 + 18) = 133x / (110x + 220).$$

Содержание цезия в оксиде Cs_2O составляет $2*133 / (2*133 + 16) = 0,943$.

Решаем два уравнения:

$$133x / (110x + 220) = 0,943 * 0,26 = 0,245 \text{ и } 133x / (110x + 220) = 0,943 * 0,32 = 0,302,$$

откуда получаем предельные значения $x = 0,51$ и $0,67$, т.е. x меняется в пределах $0,51 \leq x \leq 0,67$.

4. Расчет значений x по 3 б. (3б*2 = 6 баллов).

5. Существует ряд лабораторных методов получения **М**: нагрев смеси хлорида **М** и кальция [7]; нагрев в вакууме хромата **М** с цирконием [8]; разложение азидов **М** в вакууме [9]. Напишите уравнения реакций [7-9].

5. $2\text{CsCl} + \text{Ca} = \text{CaCl}_2 + \text{Cs} \uparrow$ [7]; $4\text{Cs}_2\text{CrO}_4 + 5\text{Zr} = 5\text{ZrO}_2 + 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 8\text{Cs} \uparrow$ [8];

$2\text{CsN}_3 = 2\text{Cs} + 3\text{N}_2 \uparrow$ [9].

5. Уравнения реакций [7-9] по 1 б. (1б*3 = 3 балла).

Всего **31 балл.**

Задание 3. «Мысленный эксперимент» (20 баллов).

На экспериментальных турах школьных химических олимпиад участникам часто предлагают выполнить задачу по распознаванию водных растворов различных веществ. Для решения таких задач от участника требуется не только знание различных качественных реакций, но и наблюдательность, логическое мышление, аккуратность и другие весьма важные качества для химика-экспериментатора. Давайте попытаемся разобрать решение одной из таких задач и провести мысленный эксперимент по установлению содержимого восьми пронумерованных пробирок, содержащих водные растворы следующих солей:



сульфата меди(II), карбоната натрия, хлорида железа(III), сульфида натрия, хлорида аммония, хлорида никеля, нитрата алюминия, хромата калия.

1. Напишите формулы предложенных для распознавания солей.

1. Сульфат меди(II) – $CuSO_4$, карбонат натрия – Na_2CO_3 , хлорид железа(III) – $FeCl_3$, сульфид натрия – Na_2S , хлорид аммония – NH_4Cl , хлорид никеля – $NiCl_2$, нитрат алюминия – $Al(NO_3)_3$, хромат калия – K_2CrO_4 .

1. Формулы солей по 0,5 б. (0,5б*8 = 4 балла).

Заметим, что перечисленные растворы можно разделить на две группы: половина из них окрашена в различные цвета, другие – бесцветны. Ниже Вашему вниманию предлагается соответствие окрасок растворов и номеров пробирок в одном из вариантов, предложенных для распознавания.

№ пробирки	1	4	5	7
Окраска раствора	желтая	зеленая	голубая	коричневая

2. Руководствуясь указанными окрасками растворов веществ, попробуйте соотнести номер пробирки с формулами соответствующих солей.

2. Окраска водных растворов обусловлена присутствием в них следующих ионов: голубая – Cu^{2+} , коричневая – Fe^{3+} , зеленая – Ni^{2+} , желтая – CrO_4^{2-} . Остальные ионы не окрашивают водные растворы. Поэтому в пробирках №1 – p-p K_2CrO_4 , №4 – p-p $NiCl_2$, №5 – p-p $CuSO_4$, №7 – p-p $FeCl_3$.

2. Соотнесение солей по цвету по 0,5 б. (0,5б*4 = 2 балла).

Для распознавания оставшихся четырех бесцветных растворов можно воспользоваться их взаимодействием с растворами дополнительных реактивов – нитрата серебра, азотной кислоты и гидроксида натрия. Происходящие при этом изменения отмечены в приведенной таблице.

№ пробирки	2	3	6	8	
Изменения, происходящие при добавлении	$AgNO_3$	белый осадок	белый "творожистый" осадок	черный осадок	нет видимых изменений
	HNO_3	"вскипание" раствора (выделяется газ без запаха)	нет видимых изменений	появление запаха "тухлых яиц"	нет видимых изменений
	$NaOH$	нет видимых изменений	появление запаха нашатырного спирта	нет видимых изменений	белый осадок, который исчезает при добавлении избытка $NaOH$

3. На основании отмеченных в таблице изменений соотнесите номера пробирок с формулами соответствующих солей.

3. Составим таблицу, расположив по горизонтали вещества, которые нам нужно определить, а по вертикали – дополнительные реагенты. На пересечении каждого столбца и строки укажем явления, наблюдаемые при сливании этих растворов.

Анализируемые вещества		Na_2CO_3	$Al(NO_3)_3$	Na_2S	NH_4Cl
Изменения, происходящие при добавлении	$AgNO_3$	белый осадок	нет видимых изменений	черный осадок	белый творожистый осадок
	HNO_3	"вскипание" раствора (выделяется газ без запаха)	нет видимых изменений	появление запаха "тухлых яиц"	нет видимых изменений
	$NaOH$	нет видимых изменений	белый осадок, который исчезает при добавлении избытка $NaOH$	нет видимых изменений	появление запаха нашатырного спирта

Сопоставив полученную таблицу с результатами эксперимента, приходим к выводу, что в пробирке №2 – р-р Na_2CO_3 , №3 – р-р NH_4Cl , №6 – р-р Na_2S , №8 – р-р $Al(NO_3)_3$.

3. Соотнесение солей по признакам реакций по 0,5 б. (0,5б*4 = 2 балла).

4. Напишите уравнения всех реакций, которые были использованы для распознавания бесцветных растворов ($NaOH + 8$ – две реакции, всего 8 реакций, отмеченных в таблице).

4. 1) $Na_2CO_3 + 2AgNO_3 = Ag_2CO_3 \downarrow + 2NaNO_3$; 2) $Na_2S + 2AgNO_3 = Ag_2S \downarrow + 2NaNO_3$;
 3) $NH_4Cl + AgNO_3 = AgCl \downarrow + NH_4NO_3$; 4) $Na_2CO_3 + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + CO_2 \uparrow + H_2O$;
 5) $Na_2S + 2HNO_3 = H_2S \uparrow + 2NaNO_3$; 6) $Al(NO_3)_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 \downarrow + 3NaNO_3$;
 7) $Al(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4]$ или $Al(OH)_3 + 3NaOH = Na_3[Al(OH)_6]$;
 8) $NH_4Cl + NaOH = NH_3 \uparrow + H_2O + NaCl$.

4. Уравнения реакций по 1 б. (1б*8 = 8 баллов).

5. Попробуйте записать уравнения реакций, которые будут происходить при сливании растворов, находящихся в пробирках а) № 2 и № 7; б) № 6 и № 8; в) № 5 и № 6, а также г) уравнение реакции, протекающей при подкислении азотной кислотой раствора в пробирке № 1.

5. а) $3Na_2CO_3 + 2FeCl_3 + 3H_2O = 6NaCl + 2Fe(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow$;
 б) $3Na_2S + 2Al(NO_3)_3 + 6H_2O = 6NaNO_3 + 2Al(OH)_3 \downarrow + 3H_2S \uparrow$;
 в) $Na_2S + CuSO_4 = Na_2SO_4 + CuS \downarrow$; 2) $2K_2CrO_4 + 2HNO_3 = K_2Cr_2O_7 + 2KNO_3 + H_2O$.

5. Уравнения реакций по 1 б. (1б*4 = 4 балла).

Всего 20 баллов.

Задание 4. «Перспективное экологически чистое топливо» (21 балл).

Изомерные соединения А и Б в настоящее время все чаще рассматриваются в качестве экологически чистых видов топлива. Плотность паров этих соединений по воздуху не превышает 2. Эти вещества А и Б состоят из трех элементов, один из которых является основой всего живого (его содержание в этих веществах 52,1 % по массе), а два других элемента входят в состав воды (содержание более легкого элемента в А и Б 13,1 %).

1. Определите молекулярную формулу соединений А и Б. Приведите соответствующие расчеты.

1. Элемент, являющийся основой всего живого, – это углерод. В состав молекул воды входят кислород и водород. Более легким элементом является водород. Рассчитаем соотношение атомов элементов в соединениях А и Б: $C : H : O = 52,1/12 : 13,1/1 : 34,8/16 = 2 : 6 : 1$, т.е. простейшая формула веществ C_2H_6O . По условию, плотность паров этих соединений по воздуху не превышает 2, т.е. молекулярная масса не должна превышать $2 \cdot 29 = 58$ а.е.м., что не противоречит найденной простейшей формуле ($M_r = 46$ а.е.м.). Тогда молекулярная формула соединений А и Б – C_2H_6O .

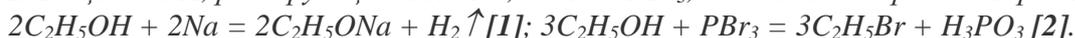
1. Молекулярная формула А и Б с расчетами 2 б., без расчетов 1 б. (2 балла).

Вещество **А** – бесцветная жидкость с температурой кипения 78 °С, реагирует как с металлическим натрием [реакция 1], так и с трибромидом фосфора [2].

Вещество **Б** – бесцветный газ, сжижаемый ниже –25 °С, он не реагирует ни с натрием, ни с трибромидом фосфора. При взаимодействии **Б** с концентрированной иодоводородной кислотой, взятой в недостатке, образуются соединения **В** и **Г** [3]. Соединение **В** взаимодействует с металлическим натрием подобно **А**, при этом выделяется водород и образуется вещество **Д**. Взаимодействие **Д** с соединением **Г** приводит к образованию вещества **Б** [4].

2. Назовите органические соединения А-Д и напишите уравнения реакций [1-4].

2. Вещество А, реагирующее как с Na, так и с PBr₃, это этанол. Уравнения реакций:



Измер Б – диметиловый эфир – (CH₃)₂O – он не реагирует ни с натрием, ни с трибромидом фосфора. При взаимодействии Б с концентрированной иодоводородной кислотой, взятой в недостатке, образуются метилиодид (Г) и метанол (В) (который реагирует с металлическим натрием подобно этанолу с выделением водорода и образованием метилата натрия (Д)). Реакция между алкоголем (Д) и первичным алкилгалогенидом (Г) – наиболее известный синтез простых эфиров "по Вильямсону" (в данном случае, диметилового эфира (Б)).

Уравнения реакций: (CH₃)₂O + HI = CH₃OH + CH₃I [3]; CH₃ONa + CH₃I = (CH₃)₂O + NaI [4].

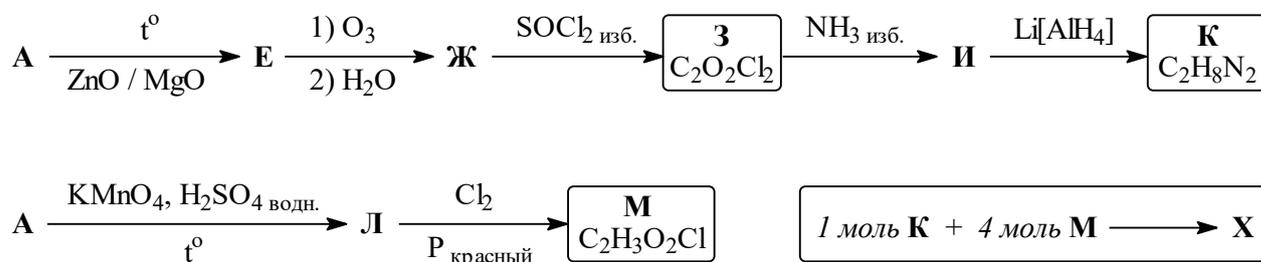
2. Названия соединений А-Д по 1 б., уравнения реакций по 1 б. (1б*5+1б*4 = 9 баллов).

3. Объясните столь сильное различие в температурах кипения веществ А и Б.

3. У этанола температура кипения выше, чем у диметилового эфира из-за того, что между молекулами спирта образуются прочные водородные связи.

3. Межмолекулярные водородные связи 1 б. (1 балл).

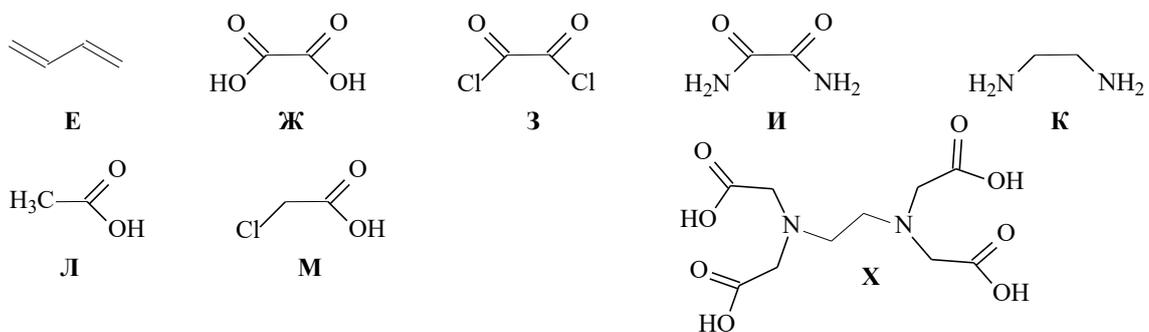
Вещество **А** можно использовать в качестве исходного соединения для получения четырехосновной кислоты **Х**, динатриевая соль которой широко используется в аналитической химии под названием "трилон Б". Ниже приведена схема синтеза вещества **Х**.



4. Приведите структурные формулы органических соединений Е-М и Х. Попробуйте назвать кислоту Х.

4. Этанол при нагревании в присутствии катализатора ZnO/MgO (синтез Лебедева) превращается в бутадиев-1,3 (Е). При озоноллизе и последующем гидролизе (в окислительной среде, т.е. в отсутствие цинковой пыли) бутадиев-1,3 образуется щавелевая кислота (Ж), которая при обработке тионилхлоридом превращается в соответствующий хлорангидрид (З, C₂O₂Cl₂). Взаимодействие хлорангидрида З с избытком аммиака приводит к образованию диамида щавелевой кислоты (И), который после восстановления (с помощью Li[AlH₄]) превращается в этилендиамин (К, C₂H₈N₂).

При кипячении этанола с раствором KMnO₄ в сернокислой среде образуется уксусная кислота (Л), которая в присутствии красного фосфора подвергается монохлорированию в α-положение с образованием 1-хлоруксусной кислоты (М, C₂H₃O₂Cl). Взаимодействие этилендиамина (К) с α-хлоруксусной кислотой (М) в мольном соотношении 1 : 4 приводит к образованию этилендиаминтетрауксусной кислоты (Х), динатриевая соль которой широко используется в аналитической химии под названием "трилон Б". Структурные формулы Е-М и Х:



4. Структурные формулы соединений Е-М и Х по 1 б., название Х 1 б. (16*8+16 = 9 баллов).

Всего 21 балл.

Итого 100 баллов.