

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

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

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

Кир Булычëв. «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 «Тархун»	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 «Тархун»;

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.?

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).

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?

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.

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).

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».

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, $\text{MC}_3\text{H}_5\text{O}_2$), а также приведите названия и структурные формулы соответствующих им кислот.

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.

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.

4. Основной природный источник М – минерал поллуцит состава $M_xNa_{1-x}[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$, 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. %.

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

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.

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.

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.

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

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.

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.

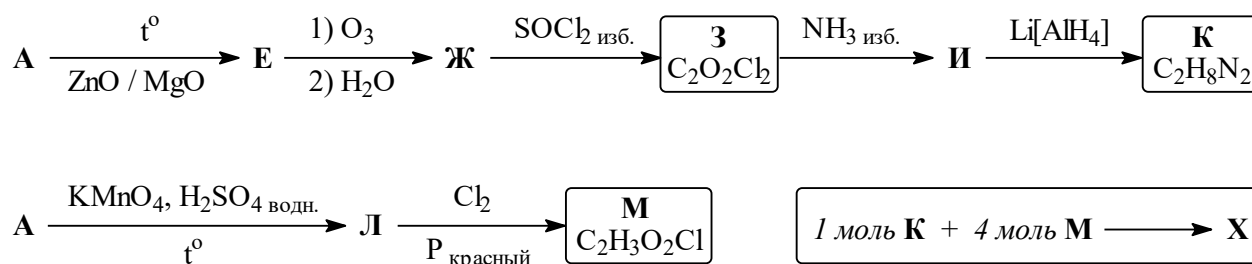
Вещество **А** – бесцветная жидкость с температурой кипения 78 °С, реагирует как с металлическим натрием [реакция 1], так и с трибромидом фосфора [2].

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].

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

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**.