

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ**

Четвертый (зональный) этап

ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

Рязань, Курск, Йошкар-Ола, Иркутск
23-28 марта 1998 г

Всероссийская Олимпиада школьников по химии

Четвертый этап

Задания теоретического тура

Девятый класс

Задача 1.

При действии избытка соляной кислоты на минерал (или его водный раствор) выделяется 0,1982 л газа (н.у.) на 1,0000 г навески минерала. При нагревании минерала до 200 °C его масса уменьшается на 29,65%, дальнейшее нагревание не изменяет массу образца. Продукт, образовавшийся при нагревании, также способен выделять газ при действии соляной кислоты : 0,2113 л (н.у.) на 1,0000 г остатка.

1. Определите состав минерала.

2. Напишите уравнения реакций:

взаимодействия минерала с соляной кислотой;

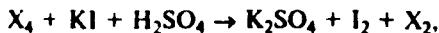
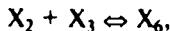
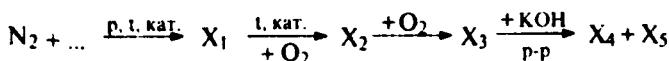
термического разложения минерала;

взаимодействия продукта разложения с соляной кислотой.

3. Предложите лабораторный способ синтеза этого минерала (уравнения реакций).

Задача 2.

Для приведенной ниже схемы превращений веществ (X), в состав которых входит один и тот же элемент:



1. Определите вещества, зашифрованные буквой X.

2. Напишите уравнения реакций всех приведенных превращений.

Всероссийская Олимпиада школьников по химии

Четвертый этап

Задания теоретического тура

Задача 3.

1. В результате попарного слияния равных объемов растворов равной концентрации (моль/л) протекали обменные реакции, результаты которых приведены в таблице.

№ раствора	1	2	3	4
1	-	-	↓	↓
2	-	-	↓↑	↓
3	↓	↓↑	-	↑
4	↓	↓	↑	-

↓ — выпадает осадок; ↑ — выделяется газ.

$$\text{Массы осадков } m(1+3) = m(3+1) = 2 m(2+3) = 2 m(3+2)$$

$$m(1+4) = m(2+4) = m(4+1) = m(4+2) = 1,18 m(1+3) = 1,18 m(3+1)$$

$$\text{Объемы выделившихся газов } V(3+4) = V(4+3) = 2 V(2+3) = 2 V(3+2)$$

1. Какие вещества могут находиться в растворах 1-4?
2. Напишите реакции, происходящие при попарном слиянии растворов 1-4.
3. Напишите уравнения реакций, которые могут протекать при добавлении раствора AgNO_3 к растворам 1-4.

Задача 4.

При добавлении на холода 10%-ного раствора нитрата ртути (II) к 10%-ному раствору гидроксида натрия (избыток последнего 30%) образуется окрашенный осадок. После отстаивания осадок фильтруют, тщательно промывают водой и высушивают сначала при $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, а затем медленно нагревают до $250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Полученным порошком заполняют стеклянные трубки. При пропускании сухого хлора через заполненные трубки при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ образуется желто-коричневый газ, легко сжижаемый в красно-коричневую жидкость. Газ хорошо растворим в воде: при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 1 объем воды растворяет 200 объемов газа.

Образующийся газ, также как и хлор, взаимодействует с подкисленным раствором иодида калия, хотя на реакцию с образующимся ио-

Всероссийская Олимпиада школьников по химии

Четвертый этап

Задания теоретического тура

дом в случае хлора расходуется в 1,63 раза меньше раствора тиосульфата натрия (при равных исходных навесках).

- 1.** Определите состав образующегося газа.
- 2.** Рассчитайте массы растворов нитрата ртути (II) и гидроксида натрия, которые необходимы для получения 100 г сухого продукта.
- 3.** Напишите уравнения реакций образования газа, его взаимодействия с водой и раствором иодида калия, взаимодействия иода и тиосульфата.

Задача 5.

Приготовили 100 г 30%-го коричневого раствора вещества А. Раствор разделили на две равные половины. В первую половину опустили медную пластинку, после окончания реакции ее масса изменилась на 2,94 г. Во второй раствор — железную, и изменение ее массы составило 2,58 г. Известно, что только в одном эксперименте в растворе остается индивидуальное соединение.

- 1.** Определите состав А.
- 2.** Рассчитайте массовые доли продуктов в растворе I.
- 3.** Рассчитайте массовые доли продуктов в растворе II.
- 4.** Вычислите изменение массы железной пластинки, если ее погрузить в раствор, оставшийся после реакции с медью.

Задача 6.

К раствору, содержащему равные массы ортофосфорной кислоты и бромида аммония, прибавили раствор гидроксида калия. Полное завершение (рН приблизительно 12) реакции было достигнуто после добавления 94 мл 6,72 %-ного раствора KOH пл. 1,064. К полученному по окончании реакции раствору прилили в избытке раствор нитрата серебра. Выпавший желтый осадок отфильтровали и высушили.

- 1.** Определите состав осадка в массовых долях.
- 2.** Какой реагент можно использовать для полного растворения осадка?

Десятый класс

Задача 1.

Первая мировая война. На западном фронте в Бельгии, вдоль реки Ипр все атаки германской армии отражались хорошо организованной обороной англо-французских войск. 22 апреля 1915 года в 17 часов со стороны немецких позиций между пунктами Биксшуте и Лангенмарк над поверхностью земли появилась полоса белесовато-зеленоватого тумана, который через 5 - 8 минут продвинулся на тысячу метров и бесшумной гигантской волной накрыл позиции французских войск. В результате газовой атаки было отравлено 15 тысяч человек, из которых свыше 5 тысяч умерли на поле боя, а половина оставшихся в живых стали инвалидами. Эта атака, показавшая эффективность нового вида оружия, вошла в историю как "чёрный день у Ипра" и считается началом химической войны.

1. Напишите структурную (графическую) формулу вещества, примененного в этой газовой атаке. В том случае, если какие-либо атомы имеют неподелённые электронные пары, отметьте их.
2. Приведите название описанного вещества по систематической номенклатуре. Укажите другие его названия (тривиальные и пр.).
3. Напишите уравнение реакции, по которой к настоящему времени произведено основное количество этого вещества. Укажите условия проведения технологического процесса синтеза.
4. Составьте уравнения реакций взаимодействия этого вещества с водой, с водным раствором гидроксида натрия.
5. Предложите два доступных в полевых условиях способа дегазации этого вещества, приняв во внимание, что разведение открытого огня не может оказать защитного действия.

Задача 2.

В цепочке превращений вещества A, B, C, D, E включают один и тот же химический элемент



Два вещества, указанные в цепочке, используют в современной технике в высокочистом состоянии. Два других вещества подвергают глубокой очистке с целью получения вышеупомянутых. Вещество C, образующееся на катоде, представляет собой газ, отношение масс элементов в котором составляет приблизительно 1:18.

- Напишите формулы соединений A-E. Приведите названия этих веществ.
- Напишите уравнения реакций, отраженных в цепочке.
- Назовите важнейшие отрасли современной техники, в которых применяются два из указанных веществ в высокочистом состоянии.

Задача 3.

Элемент X образует множество кислородсодержащих кислот. Содержание в массовых процентах натрия, элемента X и кислорода в натриевых солях некоторых из них приведены в таблице:

Соль	Na	X	O
I	32,4	21,8	45,1
II	36,5	24,6	38,1
III	20,7	27,9	50,5
IV	26,1	35,2	36,4

- Определите элемент X.
- Запишите молекулярные и графические формулы соответствующих кислот. дайте названия этих кислот и соответствующих солей, указанных в условии задачи.

Задача 4.

Препарат, содержащий чистую литиевую соль 4-аминобутановой кислоты, некоторое время полежал в контакте с воздухом. Чтобы определить, сколько в нем осталось свободного препарата, и сколько — примесей, 1,00 г его растворили в воде. При этом осталось некое нерастворимое вещество, масса которого после промывания и аккуратного высушивания составила 0,064 г. Другую навеску препарата такой же массы растворили в 10 мл НСl с концентрацией 1 моль/л и довели объем раствора до 100 мл. После чего оттитровали полученный раствор щелочью до нейтральной реакции. На титрование 100 мл этого раствора пошло 18,4 мл NaOH 0,1 моль/л.

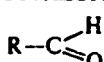
1. Изобразите структурную формулу 4-аминобутановой кислоты.
2. Какие примеси (кроме влаги из воздуха) присутствуют в препарате литиевой соли 4-аминобутановой кислоты, полежавшем на воздухе? Напишите уравнение реакции, по которым эти примеси образовались.
3. Какова массовая доля этих примесей (включая поглощенную влагу из воздуха) и основного вещества в препарате?
4. Как можно было бы упростить использованную схему анализа?

Для справок: 4-аминобутановая кислота — белый порошок с $t_{\text{пл}}=203^{\circ}\text{C}$, очень хорошо растворима в воде. Из-за наличия карбоксильной группы является кислотой (чуть сильнее, чем уксусная), из-за наличия аминогруппы — основанием (чуть сильнее, чем карбонат; гораздо более сильным, чем аммиак). Растворы самой кислоты имеют нейтральную реакцию, а ее солей — сильнощелочную.

Задача 5.

Аммиачный раствор нитрата серебра используют для качественного обнаружения альдегидной группы (реакция серебряного зеркала).

1. Какие ионы преимущественно присутствуют в аммиачном растворе нитрата серебра, содержащем 0,1 моль/л аммиака и 0,01 моль/л AgNO_3 ?
2. Составьте уравнение реакции серебряного зеркала в общем виде для

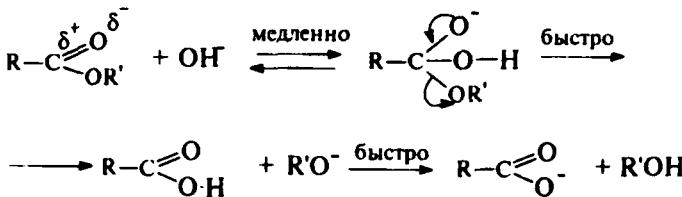


3. Составьте все возможные уравнения реакции серебряного зеркала для формальдегида.
4. Какие реакции могут протекать между муравьиной кислотой и аммиачным раствором нитрата серебра?
5. Рассчитайте растворимость Ag_2O в воде (г/л), если над его осадком $[\text{Ag}^+][\text{OH}^-] = 2 \cdot 10^{-8}$. (В квадратных скобках приведены молярные равновесные концентрации ионов).

Задача 6.

При взаимодействии 1,0000 г сложного эфира некоторой органической кислоты с избытком раствора NaOH было получено 1,1356 г натриевой соли этой кислоты.

1. Установите формулу сложного эфира
2. Составьте кинетическое уравнение и рассчитайте, во сколько раз увеличится скорость реакции гидролиза эфира, если концентрацию эфира увеличить в 3 раза, а концентрацию щелочи — в 4 раза. Щелочной гидролиз сложного эфира протекает по следующему механизму



3. Сколько сигналов содержит ПМР-спектр этого сложного эфира?

Одиннадцатый класс

Задача 1.

При нагревании 0,217 г окрашенного нерастворимого в воде вещества **A** выделяется 11,2 мл газа **X**. При нагревании 0,158 г окрашенного вещества **B**, растворимого в воде, выделяется то же количество того же газа **X**. При обработке водой твердого остатка после разложения вещества **B** происходит его частичное растворение с образованием интенсивно окрашенного раствора, цвет которого при хранении постепенно меняется, приобретая окраску исходного вещества **B**. При прокаливании 0,245 г белого растворимого вещества **C** в тех же условиях, что и нагревание веществ **A** и **B**, никакого газа не выделяется, но вещество после нагревания только частично растворяется в том же объеме воды, в котором полностью растворялось исходное **C**. Если в тех же условиях нагреть смесь тех же количеств **A** и **B**, то выделяется 22,4 мл газа **X**, а при нагревании смеси тех же количеств **B** и **C** в тех же условиях выделяется больше 78 мл газа **X**.

- Напишите возможные формулы веществ **A**, **B** и **C** и уравнения проведенных реакций. Ответы подтвердите расчетами и объясните наблюдаемые явления.

Задача 2

Черно-фиолетовые кристаллы соли **A**, в анион которой входят четыре атома кислорода, окрашивают бесцветное пламя газовой горелки в фиолетовый цвет. Соль **A** хорошо растворима в воде с образованием фиолетового раствора. Последний при действии раствора нитрата бария выделяет окрашенный осадок **B** и при действии раствора серной или азотной кислоты выделяет газ **C**. При количественном взаимодействии раствора 0,396 г соли **A** с раствором 0,474 г сульфита калия выпадает бурый студенистый осадок **D**. Вещество **D** растворимо в 2M растворе азотной кислоты с образованием почти бесцветного раствора.

Всероссийская Олимпиада школьников по химии

Четвертый этап

Задания теоретического тура

- Установите формулы веществ A-D, ответ подтвердите необходимым расчетом.
- Напишите уравнения проведенных реакций.
- Предложите 1-2 способа получения соли A.

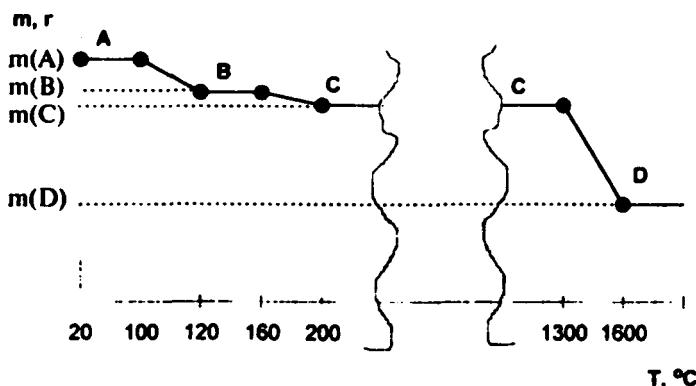
Задача 3.

Для исследования процессов, происходящих при нагревании веществ, часто используют метод термогравиметрического анализа (ТГА). В этом методе определяется изменение массы образца анализируемого вещества в зависимости от температуры. По полученным данным строят график — дериватограмму — зависимость изменения массы от температуры при очень медленном нагревании.

Методом ТГА было изучено поведение нескольких образцов минерала селенита (A):

опыт	m(A)	m(B)	m(C)	m(D)
1	1,015	0,857	0,805	
2	0,984	0,826	0,773	?
3	1,010	0,851	0,798	

Полученная дериватограмма имеет вид:



Переход от А к В и от В к С сопровождается выделением вещества X. Прокаливание С в температурном интервале 1300 – 1600°С приводит

Всероссийская Олимпиада школьников по химии

Четвертый этап

Задания теоретического тура

к образованию твердого раствора **D** в **C**, а нагревание выше 1600°С приводит к образованию вещества **D**. Вещество **C** встречается в природе в форме минералов карстенита, муринита и других. Вещества **B** и **D** в природе не встречаются, но в больших количествах производятся промышленностью и находят широкое практическое применение. Мнения ученых относительно того, можно ли считать минералом соединение **X**, расходятся. Сторонником положительного ответа на этот вопрос был академик В.И. Вернадский, 135-летний юбилей которого отмечается в этом году.

1. Предложите формулы веществ **A—X** и напишите уравнения реакций, отражающих химические процессы, происходящие при нагревании образцов. Ответ подтвердите расчетом.
2. Приведите наиболее употребительные тривиальные названия соединений **A—D**.
3. Установите величину среднего значения $m(D)$ в таблице данных.
4. Укажите области применения веществ **B** и **C**.
5. Кратко (не более, чем 4-5 простых предложений) назовите известные вам направления деятельности академика В.И. Вернадского.

Задача 4.

Если вы не выполняете тяжелой физической работы, калорийность вашего суточного рациона должна составлять примерно 2700 ккал (11300 кДж). Все свои энергетические затраты человек покрывает за счет питания. Пища — сложная смесь химических соединений, состоящая из белков, жиров, углеводов и многих других компонентов. Известно, что показателем энергетических затрат человека может служить скорость потребления им кислорода. Измерения показали, что 1 л израсходованного кислорода соответствует энергии, равной 20,1 кДж. Представьте себе, что вы питаетесь только глицерином $C_3H_8O_3$ (мы вам этого искренне не желаем), и оцените, сколько процентов кислорода и углекислого газа (по объему) содержится в выдыхаемом вами воздухе. Терпоты образования

Всероссийская Олимпиада школьников по химии

Четвертый этап

Задания теоретического тура

составляют соответственно: жидкой воды - 286 кДж/моль; углекислого газа - 394 кДж/моль; глицерина - 659 кДж/моль. Считайте, что в спокойном состоянии в своей комнате вы вдыхаете 0,5 литра воздуха, делая 15 таких вдохов в минуту, и в этом воздухе содержится 21% кислорода.

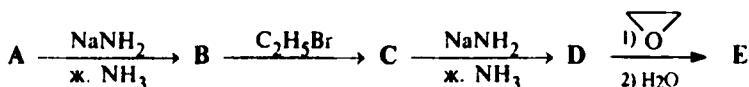
Задача 5.

При действии избытка НВг на 4,2 г смеси изомерных углеводородов А и В получено 8,25 г продукта реакции С, а при действии избытка разбавленного водного раствора КМnO₄, на холода на то же количество исходной смеси получено 5,5 г продукта реакции Д. Гидрирование исходной смеси приводит к единственному продукту Е, который при радикальном монохлорировании образует смесь 4-х структурных изомеров F1—F4.

- Определите вещества А—Е. Напишите уравнения реакций. Определите количественный состав исходной смеси.

Задача 6.

Углеводород А, представляющий собой газ при н.у., подвергли следующим превращениям:



Продукты В и Д являются солеобразными кристаллическими веществами. Вещество Е при гидрировании в зависимости от условий образует либо вещество F, либо вещество G, либо вещество H. F обладает заметно большим, чем G и H, дипольным моментом, представляет жидкость с запахом свежей зелени и используется в парфюмерии под названием "спирт листьев".

1. Напишите структуры веществ А-Н, назовите их.
2. Укажите условия превращения Е в F, в G и в H.
3. Какие вы знаете способы промышленного получения углеводорода А?

При использовании наиболее часто применяемого метода получения вещества А оно загрязняется летучими соединениями, например,

Всероссийская Олимпиада школьников по химии

Четвертый этап

Задания теоретического тура

фосфора или серы. Объясните причины появления этих примесей. Предложите недорогой и эффективный способ удаления этих загрязнений и приведите уравнения соответствующих реакций.

4. Вещество А в жидком состоянии очень нестабильно. Объясните причины его нестабильности и опишите условия, в которых хранят вещество А.
5. У завода, производящего синтетические душистые вещества, возникла необходимость изготовить 70 кг "спирта листьев". Рассчитайте, какое количество технического (75%) амида натрия потребуется для этого, если все указанные реакции идут с выходом 80% и используется 10%-ный избыток амида натрия на каждой стадии.

