

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по химии
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2022–2023 учебный год
11 класс**

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Время выполнения заданий - **120** минут
Максимальное количество баллов - **100**

Задача 1. Генетическая взаимосвязь классов неорганических и органических веществ (25 баллов)

Рассмотрите цепочку превращений:

1. Вещество А = Вещество Б + Вещество В
2. Вещество Б + C_2H_5Cl = Вещество Г
3. Вещество Г + C_2H_5Cl = Вещество Д + Вещество А
4. Вещество Б + $TiCl_4$ = Вещество А + Вещество Е
5. Вещество Б + $C_4H_8Cl_2$ = Вещество А + Вещество Ж
6. Вещество Б + N_2O_4 = Вещество И + NO

Расшифруйте обозначенные в буквенной форме вещества. Проведите рассуждения, если известно, что:

вещество А - придает горький вкус морской воде;

Вещества Б, В и Е - являются простыми веществами;

реакции 1 и 4 - проходят при высокой температуре;

реакция 1 - идет под действием электрического тока;

реакцию 2 - проводят в диэтиловом эфире.

Напишите уравнения реакций 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Что может представлять собой вещество Ж и назовите его?

В зависимости от взаимного расположения атомов хлора в молекуле $C_4H_8Cl_2$ предложите возможные продукты.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1.	Горький вкус морской воде придают соединения магния $A - MgCl_2$	1 балл
2	При электролизе расплава вещества А получают два простых вещества, то очевидно, что это галогенид магния, а именно его хлорид, как это следует из реакции	2 балла

	$2 \text{MgCl}_2 = \text{Mg} + \text{Cl}_2$	
3	Вещество Б – Mg Вещество В – Cl ₂	2 балла
4	$\text{Mg} + \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} = \text{C}_2\text{H}_5\text{MgCl}$ Г - C ₂ H ₅ MgCl	2 балла
5	C ₂ H ₅ MgCl - реактив Гриньяра	2 балла
6	$\text{C}_2\text{H}_5\text{MgCl} + \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} = \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{MgCl}_2$ Вещество Д – C ₄ H ₁₀	2 балла
7	$2 \text{Mg} + \text{TiCl}_2 = 2 \text{MgCl}_2 + \text{Ti}$ Вещество Е – Ti	2 балла
8	$\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2 + \text{Mg} = \text{C}_4\text{H}_8 + \text{MgCl}_2$ Вещество Ж – C ₄ H ₈	2 балла
9	$\text{Mg} + 2 \text{N}_2\text{O}_4 = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO}$ Вещество И – Mg(NO ₃) ₂	2 балла
10	В зависимости от взаимного расположения атомов хлора в молекуле C ₄ H ₈ Cl ₂ могут получаться различные продукты. Если атомы хлора расположены у одного атома углерода, в больших количествах образуются октен C ₈ H ₁₆ .	2 балла
11	Если атомы хлора расположены у двух соседних атомов углерода (1, 2), получают непредельные углеводороды CH ₂ =CH-CH ₂ -CH ₃ (бутен-1)	2 балла
12	Если атомы хлора расположены у двух соседних атомов углерода (1, 2), получают непредельные углеводороды или CH ₃ -CH=CH-CH ₃ (бутен-2)	2 балла
13	Когда атомы хлора находятся через два атома углерода, могут получаться циклические углеводороды (циклобутан) в незначительных количествах (□)	2 балла
	Всего	25 баллов

Задача 2.Химия минералов (23 балла)

Горные породы, руды, минералы участвовали и продолжают это делать и сейчас в формировании духовного содержания, как отдельного человека, так и общества в целом. Уникальные формы природных образований, оказывали наибольшее влияние на искусство и культуру современной цивилизации. Живопись в камне, природная камнеграфия, ювелирное дело,

синтез кристаллов для воспроизводства самоцветной базы. Элементы многих современных направлений в искусстве связаны и этим минералом, который Вам предстоит открыть, проведя некоторые расчеты.

Неизвестный минерал массой 4,42 г прокалили, при этом его масса уменьшилась на 28,05 % и выделилось 0,448 л газа (н.у.) с плотностью по воздуху примерно 1,52. Такую же навеску минерала растворили в серной кислоте, при этом выделилось такое же количество газа. К образовавшемуся голубому раствору, содержащему только один вид катионов и анионов, прибавили избыток раствора сульфида натрия, образовавшийся осадок отфильтровали и прокалили без доступа воздуха. Его масса составила 3,82 г. Определите состав минерала. Каков цвет и возможные оттенки минерала, чем это объясняется? Вспомните одно из художественных рассказов о минерале и кто автор рассказа? В каких условиях образуется данный минерал? Раскройте процесс (технология) образования минерала в природе

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1.	Голубой цвет раствора указывает на то, что в нем содержатся катионы меди	1 балл
2	Газ, выделяющийся при прокаливании минерала, имеет молярную массу: $M(\text{газа}) = D_{\text{возд}} \times M(\text{возд.}) = 1,52 \times 29 = 44 \text{ г/моль}$ Это соответствует молярной массе углекислого газа	2 балла
3	Рассуждения. При растворении минерала в кислоте другие газы не выделяются, и образуется раствор, содержащий только один вид анионов. Поэтому минерал представляет собой карбонатное производное меди.	2 балла
4	При смешении раствора, получающегося при взаимодействии минерала с серной кислотой, с сульфидом натрия, протекает реакция: $\text{CuSO}_4 + \text{Na}_2\text{S} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuS}$	2 балла
5	Расчёт химического количества сульфида меди (II): $n(\text{CuS}) = m/M = 3,82 / 95,5 = 0,04 \text{ моль}$	2 балла
6	При прокаливании минерала образуется остаток массой	2 балла

	$4,42 \text{ г} \times 0,7195 = 3,18 \text{ г}$, в состав которого входит медь	
7	Предположение, что количество вещества остатка равно количеству вещества меди.	2 балла
8	Получаем $M=79,5 \text{ г/моль}$, что соответствует молярной массе оксида меди (CuO)	1 балл
9	Расчёт выделившегося углекислого газа $0,02 \text{ моль} \times 44 \text{ г/моль} = 0,88 \text{ г}$ Общая сумма - составляет 4,06 г.	2 балла
10	оставшееся вещество массой 0,36 г улетучивается при прокаливании минерала, но не представляет собой газ, это вода (0,02 моля).	2 балла
11	Выражаем состав минерала $0,04 \text{ моль CuO}$, $0,02 \text{ моль CO}_2$, $0,02 \text{ моль H}_2\text{O}$ т.е. $2\text{CuO} \times \text{CO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$ или $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	2 балла
12	1. Малахит - цвет малахита ярко-зеленый, темно-зеленый, травяно-зеленый, изумрудно-зеленый. Окраска его объясняется присутствием иона меди. 2.«Малахитовая шкатулка» («Уральские сказы») — сборник сказов писателя Павла Бажова. 3. Природный малахит всегда образуется там, где есть залежи медных руд, карбонатных пород (известняк, доломит), сульфидных руд (халькопирит CuFeS_2). При выветривании медной руды под действием подземных вод, в которых растворены кислород и углекислый газ, медь переходит в раствор. Этот раствор, содержащий ионы меди, медленно просачивается через пористый известняк и реагирует с ним с образованием основного карбоната меди – малахита.	3 балла
	Всего	23 балла

Задача 3. Минеральные и органические вещества (9 баллов)

При внесении в воду 10 г твердого, дымящегося на воздухе белого вещества выделяется 5,0910 л газа (при н.у.).

- 1) Установите формулу этого вещества. Ответ подтвердите расчетом (растворимостью газа пренебречь).
- 2) Будет ли это вещество реагировать с водными растворами

гидроксида натрия, карбоната натрия, гидрофосфата натрия и стеарата натрия? Напишите уравнения возможных реакций.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1.	Примем молярную массу вещества за М. Составим пропорцию: М г вещества выделяют $n \times 22,4$ л газа 10 г вещества выделяют 5,0910 л газа	2 балла
2	Из этого следует, что молярная масса вещества $M = 44 n$ г/моль	1 балл
3	Этому условию при $n=1$ соответствуют вещества CO_2 , N_2O , CH_3CHO , окись этилена	2 балла
4	При обычных условиях ни одно из этих веществ не удовлетворяет условиям задачи	1 балл
5	В технике и промышленности используется легко превращающийся в твердое состояние диоксид углерода («сухой лед»)	1 балл
6	он полностью отвечает условиям задачи (при расчетах растворимостью газа пренебрегаем). (0,5 балла за уравнение с учетом коэффициентов) 2. $NaOH + CO_2 = NaHCO_3$ $Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2 NaHCO_3$ $Na_2HPO_4 + CO_2 + H_2O = NaH_2PO_4 + NaHCO_3$ $C_{17}H_{35}COONa + CO_2 + H_2O = C_{17}H_{35}COOH + NaHCO_3$	2 балла
	Всего	9 баллов

Задача 4. Сложные эфиры. Синтез эфиров (18 баллов)

Сложные эфиры играют большую роль в жизни человека. Мы сталкиваемся с ними повседневно благодаря различным запахам (запах цветка, масла, мыла, сока и т.д.). Сложные эфиры используются в самых разных областях производства: с их помощью делают лекарства, краски и лаки, духи, смазки, полимеры, синтетические волокна и многое, многое другое. Решая эту задачу, Вы узнаете об интересном сложном эфире. Сложный эфир образован предельной карбоновой кислотой и предельным

одноатомным спиртом, причем число атомов углерода в молекулах кислоты и спирта одинаково. Для омыления 34,8 г эфира потребовалось 50 мл водного раствора гидроксида натрия с массовой долей NaOH 20 % и плотностью 1,2. Определите, какие кислоты и спирты использовались для синтеза эфира, приведите формулу этого эфира. Дайте название по систематической номенклатуре IUPAC. В чем смысл реакции омыления и этерификации. Что можно сказать о физических свойствах и применении указанного сложного эфира. Напишите уравнение омыления полученного эфира.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1.	Составим общее уравнение омыления сложного эфира: $R-COO-R^* + NaOH = RCOONa + R^*OH$ Для омыления одного моля эфира требуется один моль щелочи	2 балла
2	Найдем число моль щелочи и эфира: $m NaOH = V \times \rho \times n = 50 \times 1,2 \times 0,2 = 12 \text{ г}$ $n NaOH = n \text{ эфира} = 12/40 = 0,3 \text{ моль}$ $M \text{ эфира} = m/n = 34,8 / 0,3 = 116 \text{ г/моль}$	2 балла
3	Вычтем из полученной молярной массы эфира молярную массу сложноэфирной группы (COO-), равную 44 г/моль, и получим 72 г/моль. Это молярная масса углеводородных радикалов кислоты и спирта (R и R*), образующих данный эфир.	2 балла
4	При данном значении молярной массы единственно возможное соотношение углерода и водорода в радикалах: 5 атомов углерода и 12 атомов водорода.	2 балла
5	Из условия задачи следует, что число атомов углерода в молекулах кислоты и спирта, образующих данный сложный эфир, одинаково.	2 балла
6	В состав сложноэфирной группы входит один атом углерода (он перешел из молекулы кислоты), пять атомов в составе углеводородных радикалов	2 балла
7	Следовательно, молекулы исходных кислоты и спирта содержали по три атома углерода (0,5 балл)	4 балла

	<p>Искомый эфир: $C_2H_5-COOC_3H_7$ (0,5 балл)</p> <p>Систематическая номенклатура IUPAC - пропилпропаноат (0,5 балла)</p> <p>Другое название - пропиловый эфир пропановой кислоты(0,5 балла);</p> <p>Физические свойства: бесцветная жидкость с запахом ананаса, груши (0,5 балла)</p> <p>Применение. Применяется как растворитель, в парфюмерии (0,5 балла)</p> <p>Реакция этерификации пропановой кислоты и 1-пропанола, с серной кислотой в качестве катализатора (0,5 балла)</p> <p>Вода - побочный продукт (0,5 балла)</p>	
8	<p>Омыление — гидролиз сложного эфира с образованием спирта и кислоты (или её соли, когда для омыления берут раствор щёлочи). Происхождение термина «омыление» связано с методом производства мыла из жиров (1 балл)</p> <p>Омыление пропилпропаноата (1 балл)</p> $5C_2H_5COOC_3H_7 + 4H_2O \rightarrow 6C_3H_7OH + 4C_2H_5COOH$	2 балла
9	Всего	18 баллов

Задача 5. Азотная кислота. Нитраты (14 баллов)

Хорошо знакома всем химикам азотносеребряная соль $AgNO_3$. В практике она больше называется ляписом (lapis infernalis). Широко известно и то, что данная соль получается растворением в азотной кислоте металлического серебра. Знакомясь с книгой «Основы химии» - главным научным трудом Д.И. Менделеева, вы прочитали интересный факт, отмеченный Д.И.Менделеевым. «Если для растворения взято нечистое серебро, то в растворе получается смесь азотномедной и азотносеребряной солей. Если такую смесь испарить досуха, а затем остаток осторожно сплавить до температуры начала каления, то вся азотномедная соль разлагается, а большинство азотносеребряной соли не изменяется. Обработывая сплавленную массу водой, извлекают эту последнюю, тогда как окись меди

остается нерастворимой». Проведите свои рассуждения. Выполните предложенные задания и расчеты.

1. Напишите уравнения реакций, происходящих:

а) при растворении «нечистого серебра» в концентрированной азотной кислоте;

б) при прокаливании сухого остатка.

2. Определите содержание серебра (массовая доля в %), если для растворения было взято 2,000 г «нечистого серебра», а масса остатка, полученного в результате прокаливания, составила 3,069 г.

3. Определите массу осадка, образующегося при добавлении избытка раствора хлорида натрия к раствору 2,000 г «нечистого серебра» в азотной кислоте.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1.	а) $\text{Ag} + 2\text{HNO}_3 = \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1 балл
2	$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;	1 балл
3	$2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$.	1 балл
4	Масса серебра в исходном сплаве – x г, тогда масса меди – (2-x) г.	1 балл
5	Количество серебра: $n(\text{Ag}) = x/107,87$ моль и равно количеству образующегося нитрата серебра	1 балл
6	Количество меди: $n(\text{Cu}) = (2-x)/63,55$ (моль) и равно количеству образующегося оксида меди	1 балл
7	Масса нитрата серебра: $169x/107,87 = 1,575x$ (г).	1 балл
8	Масса оксида меди: $79,55(2-x)/63,55 = 2,504 - 1,252x$ (г).	2 балла
9	Общая масса сухого остатка после прокаливания:	2 балла

	$m(\text{AgNO}_3)+m(\text{CuO})=1,575x+2,504-1,252x=2,504-0,323x$ (г).	
10	По условию масса остатка после прокаливания равна 3,069 г, тогда $2,504-0,323x=3,069$, $x=1,749$ (г); $1,75:2 \times 100=87,5$ %.	2 балла
11	Масса хлорида серебра: $1,749 \times 143,45:108=2,323$ г.	1 балл
	Всего	14 балла

Задание 6 Алюминий. Свойства алюминия (11 баллов)

На чашках весов уравновешены химические стаканы с 0,1 г. металлического алюминия в каждом. Как изменится равновесие весов, если в один стакан прилить 5%-ный раствор соляной кислоты массой 10 г, в другой – 5%-ный раствор гидроксида натрия массой 10 г.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1.	Металлический алюминий реагирует с соляной кислотой и гидроксидом натрия согласно уравнениям: $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$ - (0,5 балла) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$ - (0,5 балла)	1 балл
2	При одной и той же массе прореагировавшего алюминия в обоих случаях выделяется одинаковое количество водорода.	1 балл
3	Следовательно, если алюминий растворится полностью, то равновесие весов не изменится. В случае неполного растворения алюминия перевесит та чашка весов, где меньшая доля алюминия вступит в реакцию.	1 балл
4	В 5%-ных растворах массой 10 г содержится по 0,5 г ($10 \times 0,05$) соляной кислоты и гидроксида натрия. $M(\text{Al})=27$ г/моль $M(\text{HCl})= 36,5$ г/моль $M(\text{NaOH})= 40$ г/моль	2 балла
5	Расчет соляной кислоты и гидроксида натрия для растворения алюминия массой 0,1 г. Al массой 27×2 г вступает в реакцию с HCl массой ($36,5 \times 6$)	2 балла

	Г Al массой 0,1 г вступает в реакцию с HCl массой x г $x=0,406$ г HCl	
6	Al массой 27×2 г вступает в реакцию с NaOH массой (40×2) г Al массой 0,1 г вступает в реакцию с NaOH массой y г $y=0,148$ NaOH	2 балла
7	Оба вещества HCl и NaOH взяты в избытке, поэтому в обоих стаканах произойдет полное растворение алюминия и равновесие весов не нарушится.	2 балла
	Всего	11 баллов

Задание	1	2	3	4	5	6	Итого
Максимальное кол-во баллов	25	23	9	18	14	11	100