

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по химии
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2021–2022 учебный год
11 класс
ЗАДАНИЯ**

Задание 1. Мономеры. Полимеры (12 баллов)

В XXI век - век полимеров. Молекулы полимеров построены из множества повторяющихся молекул-мономеров. Полимеры внедрились во все сферы человеческой деятельности – технику, медицину, быт. Ежедневно Вы сталкиваетесь с различными пластмассами, резинами, синтетическими волокнами. Главной причиной бурного развития химии полимеров стала потребность в новых недорогих материалах, таких как полистирол.

Предложите схему получения полистирола из этилена объемом ($V = 56 \text{ м}^3$ – н. у.) путём ряда превращений получите стирол, а из него – полистирол с технологическим выходом 80% от теоретически возможного. Вычислите массу (т) готового продукта.

1. Отобразите схему превращений.
2. Напишите структурные формулы мономера и полимера.
3. Рассчитайте массу (т) конечного продукта.
4. Приводит ли сжигание полистирола к выбросу вредных веществ?
5. Возможно ли вторичное применение полистирола?

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	<p>Схема превращений с указанием структурных формул мономера и полимера</p> $4n \text{ C}_2\text{H}_4 \rightarrow \dots \rightarrow n \text{ CH}_2=\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \rightarrow \dots \rightarrow \left\{ \begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right\}_n$ <p align="center">этилен \longrightarrow стирол \longrightarrow полистирол</p>	3 балла (мономер 1 балл, полимер – 1 балл, схема – 1 балл))
2	<p>Молярная масса $M_{\text{стирола}} = 104 \text{ г/моль}$</p> <p>Молярная масса $M_{\text{полистирола}} = 104 n \text{ г/моль}$</p> <p>Молярный объём газа (н. у.) $V_0 = 22,4 \text{ л/моль}$.</p> <p>Учтём, что часть потери этилена: $53 \text{ м}^3 \cdot 0,8 = 44,8 \cdot 10^3 \text{ л}$</p>	3 балла (расчет молярной массы – 2 балла, потери- 1 балл)
3	<p>Сопоставим объём газа (н. у.), запускаемого в синтез в начале технологического процесса, и массу конечного продукта, соответствующих схеме процесса – с условием задачи:</p> <p>-по уравнению реакции</p> <p>$4n \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль}$ этилена ----- 1 моль $104n/\text{моль}$ полистирола</p> <p>$44,8 \cdot 10^3$ этилена ----- $x \text{ г}$ полистирола</p> <p>$X = 44,8 \cdot 104n \cdot 10^3 / 4n \cdot 22,4 = 52 \text{ т}$. Масса</p>	3 балла (расчет по уравнению- 2 балла, масса полистирола - 1 балл)

	полистирола.	
4	При сжигании полистирола образуется CO ₂ , CO, сажа, стирол.	1 балл
5	Вторичное применение полистирола позволяет получить новые качественные изделия со старого сырья, не загрязняя при это окружающую среду. Одним из перспективных направлений переработки полимера является производство полистиролбетона, который применяется в строительстве зданий малой этажности.	2 балла

Итого: 12 баллов

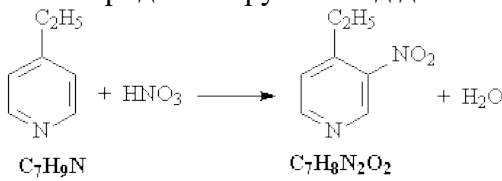
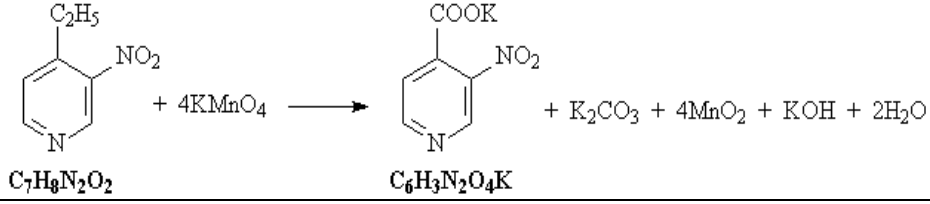
Задание 2. Органический синтез (21 балла)

Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



В уравнениях укажите структурные формулы веществ и условия реакций.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	Исходное вещество C ₇ H ₉ N – любой из трех этилпиридинов (орто-, мета- или пара-).	3 балла (формула – 1 балл, строение и название - 2 балла)
2	Этилпиридин нитруется под действием азотной кислоты: 	3 балла (уравнение - 2 балла, название 1 балл)
3	При взаимодействии нитро этилпиридина с водным раствором перманганата калия этильная группа окисляется: 	3 балла (уравнение - 2 балла, название 1 балл)
4	При прокаливании соли карбоновой кислоты с гидроксидом калия происходит декарбоксилирование:	3 балла (уравнение - 2 балла, название процесса - 1 балл)

	<p>$\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_2\text{O}_4\text{K} + \text{KOH} \xrightarrow{t} \text{C}_5\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3$</p>	
5	<p>Нитрогруппа восстанавливается до аминогруппы алюминием в щелочной среде:</p> <p>$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2 + 2\text{Al} + 2\text{KOH} + 4\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_5\text{H}_6\text{N}_2 + 2\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$</p>	3 балла (уравнение - 2 балла, название процесса 1 балл)
6	<p>Исходное соединение – этилпиридин – можно прогидрировать водородом на никелевом катализаторе:</p> <p>$\text{C}_7\text{H}_9\text{N} + 3\text{H}_2 \xrightarrow[\text{Ni, } t, p]{} \text{C}_7\text{H}_{15}\text{N}$</p>	3 балла (уравнение - 2 балла, название процесса 1 балл)
7	<p>Полученный циклический амин присоединяет хлороводород</p> <p>$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{N} + \text{HCl} \longrightarrow \text{C}_7\text{H}_{16}\text{NCl}$</p>	3 балла (уравнение - 2 балла, название процесса-1 балл)

итого: 21 балл

Задание 3. Комплексные природные соединения (14 баллов)

Химия – это одна из важнейших наук, которая способствует рождению многих комплексных соединений для качественной жизни человека. Исключительно велика роль природных комплексных соединений в процессах дыхания, фотосинтеза, биологического окисления и в ферментативном катализе. Так, например, ионы некоторых металлов в качестве комплексообразователей входят в состав важнейших природных соединений – гемоглобина и хлорофилла.

Хлорофилл является важным пигментом, обуславливающим зеленый цвет листьев растений. При сжигании 89,2 мг хлорофилла в избытке кислорода получают только следующие четыре вещества:

242 мг газа, которым обычно газировывают напитки;

64,8 мг жидкости, составляющей основу этих напитков;

5,6 мг газа, которого больше всего в земной атмосфере и 4,00 мг белого порошка, который является оксидом легкого широко используемого металла, составляющего приблизительно 2,3 % земной коры.

- 1) О каких химических веществах идет речь?
- 2) Рассчитайте формулу хлорофилла, учитывая, что его молекула содержит только один атом металла.
- 3) Напишите уравнение реакции горения хлорофилла.
- 4) Содержит ли хлорофилл хлор? Откуда взялось название «хлорофилл»?
- 5) Приведите пример природного вещества, содержащего фрагмент структуры сходного строения.

- 1) О каких химических веществах идет речь?
- 2) Рассчитайте формулу хлорофилла, учитывая, что его молекула содержит только один атом металла.
- 3) Напишите уравнение реакции горения хлорофилла.
- 4) Содержит ли хлорофилл хлор? Откуда взялось название «хлорофилл»?
- 5) Приведите пример природного вещества, содержащего фрагмент структуры сходного строения.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	Напитки газуют углекислым газом, сами напитки состоят большей частью из воды, самый распространенный газ в земной атмосфере – азот, а порошок является оксидом магния.	2 балла
2	Рассчитываем соотношение элементов в молекуле: $n(\text{CO}_2) = 242/44 = 5,5$ ммоль, $m(\text{C}) = 5,5 \times 12 = 66$ мг $n(\text{H}_2\text{O}) = 64,8/18 = 3,6$ ммоль, $m(\text{H}) = 3,6 \times 2 = 7,2$ мг $n(\text{N}_2) = 5,60/28 = 0,2$ ммоль $n(\text{MgO}) = 40/4,00 = 0,1$ ммоль , $m(\text{Mg}) = 0,1 \times 24 = 2,4$ мг $m(\text{O}_2) = 89,2 - 66 - 7,2 - 5,6 - 2,4 = 8$ мг, $n(\text{O}) = 8/16 = 0,5$ ммоль. Соотношение $\text{C} : \text{H} : \text{N} : \text{O} : \text{Mg} = 5,5 : 7,2 : 0,4 : 0,5 : 0,1 = 55 : 72 : 4 : 5 : 1$ откуда формула хлорофилла: $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{N}_4\text{O}_5\text{Mg}$	5 баллов (расчеты - 3 балла, соотношение – 1 балл, формула – 1 балл)
3	$\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{N}_4\text{O}_5\text{Mg} + 71 \text{O}_2 = 55 \text{CO}_2 + 36 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{N}_2 + \text{MgO}$	4 балла (уравнение – 2 балла, коэффициенты-, баланс – 2 балла)
4	Греческое слово «хлорос» означает «зеленый». Отсюда название и хлора и хлорофилла.	1 балл
5	Самые известные – краситель крови гем (гемоглобин) и производные гема и хлорофилла	2 балл

Итого: 14 баллов

Задание 4. Расчеты по химическим уравнениям (11 баллов)

К подкисленному серной кислотой раствору, полученному при пропускании сероводорода в водный раствор гидроксида натрия концентрацией 2,5 моль/л, добавили 15,8 г соли, в состав которой входит 24,68 % калия, 34,81% марганца и 40,51% кислорода.

Выделившийся при этом осадок отфильтровали и растворили при нагревании в растворе азотной кислоты с массовой долей 63% (плотность 1,43 г/мл).

Напишите уравнения реакций и определите объёмы прореагировавших растворов гидроксида натрия и азотной кислоты.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	$\text{H}_2\text{S} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
2	$5 \text{Na}_2\text{S} + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{S}\downarrow + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$	1 балл
3	$\text{S} + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}\uparrow$	1 балл
4	Нахождение хим. формулы KMnO_4 1) $m(\text{K}) = 15,8 \cdot 0,2468 = 3,9 \text{ г}$ 2) $n(\text{K}) = 0,1 \text{ моль}$ 3) $m(\text{Mn}) = 15,8 \cdot 0,3481 = 5,5 \text{ г}$ 4) $n(\text{Mn}) = 0,1 \text{ моль}$ 5) $m(\text{O}) = 15,8 \cdot 0,4051 = 6,4 \text{ г}$ 6) $n(\text{O}) = 0,4 \text{ моль}$ 7) $n(\text{K}) : n(\text{Mn}) : n(\text{O}) = 0,1 : 0,1 : 0,4 = 1:1:4 (\text{KMnO}_4)$ 8) $n(\text{KMnO}_4) = 0,1 \text{ моль}$	2 балла
5	Определение объема гидроксида натрия 9) $\frac{n(\text{Na}_2\text{S})}{n(\text{KMnO}_4)} = \frac{5}{2} \quad n(\text{Na}_2\text{S}) = \frac{5 \cdot 0,1}{2} = 0,25 \text{ моль}$ 10) $\frac{n(\text{NaOH})}{n(\text{Na}_2\text{S})} = \frac{2}{1} \quad n(\text{NaOH}) = 2 \cdot 0,25 = 0,5 \text{ моль}$ 11) $V(\text{NaOH}) = \frac{0,5}{2,5} = 0,2 \text{ л}$ или 200мл	2 балла
6	Определение объема азотной кислоты 12) $n(\text{Na}_2\text{S}) = n(\text{S}) = 0,25 \text{ моль}$ 13) $\frac{n(\text{S})}{n(\text{HNO}_3)} = \frac{1}{2} \quad n(\text{HNO}_3) = 2 \cdot 0,25 = 0,5 \text{ моль}$ $m(\text{HNO}_3) = 0,5 \cdot 63 = 31,5 \text{ г}$	2 балл
7	14) $m_{(\text{р-ра})}(\text{HNO}_3) = \frac{31,5}{0,63} = 50 \text{ г}$	1 балл
8	15) $V(\text{HNO}_3) = \frac{50}{1,43} = 35 \text{ мл}$	1 балл

Итого: 11 баллов

Задание 5. Неметаллы (18 баллов)

Красно-коричневое бинарное соединение А содержит элемент Х, который проявляет в соединениях только одну степень окисления, отличную от нуля (массовая доля Х составляет 32,53%).

Данное соединение можно получить взаимодействием благородного металла М с сильным окислителем Б, в котором массовая доля Х равна 31,2% (реакция 1).

Вещество Б получают взаимодействием соответствующих простых веществ в особых условиях (реакция 2).

При нагревании Б разлагается с образованием двух газов В и Г (реакция 3).

Газ В химически инертен и используется при анестезии. Вещество Б является настолько сильным окислителем, что окисляет даже воду (реакция 4), а органические вещества разрушает полностью (реакция 5).

- 1) Определите элемент Х, металл М, а также соединения А-Г.
- 2) Напишите уравнения всех указанных реакций.

В качестве примера, иллюстрирующего взаимодействие вещества Б с органическими соединениями, напишите уравнение реакции Б с метаном. 3) Укажите условия, при которых образуется соединение Б?

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	Х – это фтор	1 балл (элемент Х – 1 балл)
	А можно найти расчетом – AuF ₅ . Б по расчету – KrF ₂ . В – Kr, Г – F ₂ .	6 баллов (вещества А и Б по 2 балла, Г, В по баллу)
2	1) $2\text{Au} + 5\text{KrF}_2 = 5\text{Kr} + 2\text{AuF}_5$;	2 балла
3	2) $\text{Kr} + \text{F}_2 = \text{KrF}_2$;	2 балла
4	3) $\text{KrF}_2 = \text{Kr} + \text{F}_2$;	2 балла
5	4) $2\text{KrF}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Kr} + 4\text{HF} + \text{O}_2$;	2 балла
6	5) $4\text{KrF}_2 + \text{CH}_4 = 4\text{Kr} + \text{CF}_4 + 4\text{HF}$.	2 балла
7	KrF ₂ может быть получен либо в условиях активации электрическим зарядом, либо нагреванием, либо фотохимическим методом.	1 балл

Итого : 18 баллов

Задание 6. Влияние условий процесса на получение конечных продуктов (9 баллов)

Из приведенного ниже списка выберите такие пары веществ, чтобы вещества в каждой паре взаимодействовали друг с другом с образованием разных продуктов в зависимости от условий (температура, наличие катализатора, соотношение реагентов, наличие растворителя — воды). Напишите уравнения таких реакций между веществами каждой пары (одно и то же вещество можно использовать в нескольких парах, в случае реакции в растворе вода тоже может участвовать в реакции): Cl₂, KOH, SO₂, NH₃, O₂, H₂SO₄, толуол.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	1) в списке есть несколько пар веществ, которые взаимодействуют в водном растворе с образованием солей, причем в зависимости от соотношения реагентов, может получиться кислая либо средняя соль: KOH и H ₂ SO ₄ , NH ₃ и H ₂ SO ₄ , KOH и SO ₂ , NH ₃ и SO ₂	2 балла (выделить пары)
2	2) Реакция хлора со щелочью идет по-разному в зависимости от температуры: в холодном растворе: $\text{Cl}_2 + 2 \text{KOH} = \text{KCl} + \text{KOCl} + \text{H}_2\text{O}$ в горячем растворе: $3 \text{Cl}_2 + 6 \text{KOH} = 5 \text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$	2 балла (каждая пара веществ с реакциями (и условиями))
3	3) SO ₂ и Cl ₂ образуют хлористый сульфурил при взаимодействии в газовой фазе в присутствии катализатора (камфоры) или вступают в окислительно-восстановительную реакцию в водном растворе: $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$ $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HCl}$	2 балла (каждая пара веществ с реакциями (и условиями))
4	4) толуол + Cl ₂ на свету хлорирование идет в боковую цепь, а в присутствии катализатора (AlCl ₃) в бензольное кольцо.	2 балла (каждая пара веществ с реакциями (и условиями))
5	$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{катализатор}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}.$ При окислении аммиака без катализатора образуется азот, а в присутствии платины окисление идет до NO	1 балл (уравнение)

Итого:9 баллов

Задание 7. Классы неорганических и органических веществ (15 баллов)

При сжигании в кислороде 15,4 г белого кристаллического вещества с молекулярной массой в интервале от 50 до 100 получено 8,96 л углекислого газа (н. у.), 2,24 л азота (н. у.) и 12,6 г воды.

- 1) Выведите формулу вещества.
- 2) Приведите все необходимые рассуждения и расчёты.
- 3) Напишите уравнения реакций, происходящих при сплавлении вещества с избытком NaOH.
- 4) Напишите уравнения реакций, происходящих при нагревании этого вещества
- 5) Напишите уравнения реакций, происходящих при термическом разложении этого вещества
- 6) Напишите уравнения реакции, которая названа в честь французского химика Жана-Батиста Андре Дюма.
- 7) Предложите два способа получения этого вещества из любых исходных веществ (напишите уравнения реакций).
- 8) предложите возможные способы получения

Система оценивания

№	Элементы решения	баллы
1	8,96 л CO ₂ - 0,4 моль С 2,24 л N ₂ - 0,1 моль N ₂ - 0,2 моль N. 12,6 г воды - 0,7 моль H ₂ O - 1,4 моль Н C + N + H = 0,4×12 + 0,2×14 + 1,4×1 = 9,0 г.	4 балла
2	Навеска вещества 15,4 г - вещество содержит 6,4 г кислорода - 0,4 моль 0,4 : 0,2 : 0,4 : 1.4, т.е. брутто формула (с учетом молекулярной массы) - C ₂ NO ₂ H ₇ CH ₃ COONH ₄ ацетат аммония	2 балла
3	Реакция со щелочью CH ₃ COONH ₄ + NaOH = CH ₃ COONa + NH ₃ + H ₂ O	1 балл
4	4CH ₃ COONH ₄ + 11O ₂ = 8CO ₂ + 14H ₂ O + 2N ₂	2 балла
5	реакции Термическое разложение: CH ₃ COONH ₄ = CH ₃ CONH ₂ + H ₂ O	2 балла
6	Реакция Дюма CH ₃ COONa + NaOH (избыток) = CH ₄ + Na ₂ CO ₃	2 балла
7	Способы получения (возможные варианты) CH ₃ COOH + NH ₃ = CH ₃ COONH ₄	1 балл
8	CH ₃ CHO + 2[Ag(NH ₃) ₂]OH = CH ₃ COONH ₄ + 2Ag + 3NH ₃ + H ₂ O	1 балл

Итого:- 15 баллов

Задание	1	2	3	4	5	6	7	Итого
Максимальное кол-во баллов	12	21	14	11	18	9	15	100