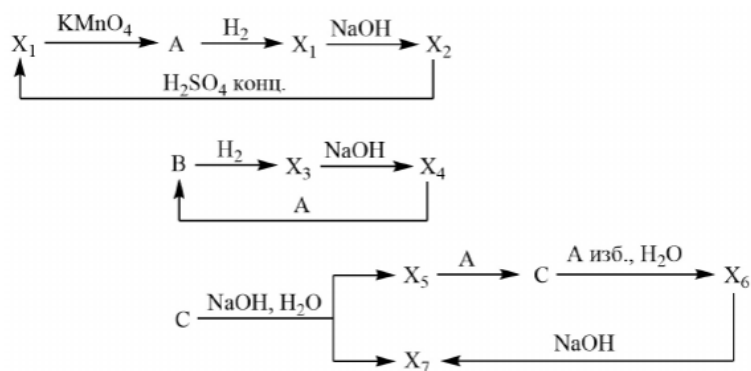


**Решение заданий Всероссийской олимпиады школьников по химии
(муниципальный этап)**

11 класс

2025-2026 учебный год

Задача 11-1. Даны простые вещества: А – желто-зеленый газ, ядовит; В – красно-бурая жидкость, ядовита, С – темно-серые кристаллы с металлическим блеском. Для каждого из этих веществ предложены схемы превращений. Определите вещества А, В, С, X₁-X₇ и дайте им названия.



№п/п	Этапы решения	Кол-во баллов
1	Определены формулы простых веществ: А – хлор Cl ₂ ; В – бром Br ₂ ; С – иод I ₂ .	3
2	X ₁ – хлороводород ; H ₂ + Cl ₂ = 2HCl	1
3	X ₂ – хлорид натрия NaCl; HCl + NaOH = NaCl + H ₂ O	2
4	NaCl (тв.) + H ₂ SO ₄ (конц.) = HCl↑ + NaHSO ₄ 16HCl + 2KMnO ₄ = 2KCl + 2MnCl ₂ + 5Cl ₂ ↑ + 8H ₂ O	2
5	X ₃ – бромоводород HBr: H ₂ + Br ₂ = 2HBr	2
6	X ₄ – бромид натрия NaBr HBr + NaOH = NaBr + H ₂ O 2NaBr + Cl ₂ = Br ₂ + 2NaCl	3
7	X ₅ – иодид натрия NaI X ₇ — иодат натрия NaIO ₃ 3I ₂ + 6NaOH = 5NaI + NaIO ₃ + 3H ₂ O 2NaI + Cl ₂ = I ₂ + 2NaCl	4
8	X ₆ – иодноватая кислота HIO ₃ ; I ₂ + 5Cl ₂ + 6H ₂ O = 10HCl + 2HIO ₃ HIO ₃ + NaOH = NaIO ₃ + H ₂ O	3
20 баллов		

Задача 11-2. Закись азота N₂O представляет собой бесцветный негорючий газ с приятным сладковатым запахом и привкусом, который более 170 лет применяется в анестезии при проведении хирургических операций. В настоящее время его обычно применяют в смеси с кислородом в сочетании с более сильным анестетиком. Плотность смеси закись азота с кислородом по воздуху равна 1,393.

Вопросы.

1. Определите массовую, объёмную и мольную долю закиси азота в смеси.
2. Напишите уравнение реакции, которое применяют для получения закиси азота из нитрата аммония в лаборатории.
3. Какую массу нитрата аммония необходимо взять для получения 100 г смеси, применяемой для анестезии на основе закиси азота. При расчётах используете данные, полученные в пункте 1?
4. Рассчитайте объём, занимаемый 100 г смеси для анестезии на основе закиси азота при 20 °С и давлении 150 кПа.

№п/п	Этапы решения	Кол-во баллов
1	Определены массовая и объёмная доли закиси азота в смеси. Средняя молярная масса смеси равна: $M_{\text{ср.}} = 29 \text{ г/моль} \cdot 1,393 = 40,397 \text{ г/моль}$. Пусть в смеси содержится: $n(\text{O}_2) = x \text{ моль}$, $n(\text{N}_2\text{O}) = y \text{ моль}$, тогда $m(\text{O}_2) = 32x \text{ г}$, $m(\text{N}_2\text{O}) = 44y \text{ г}$. Рассчитываем среднюю молярную массу смеси: $M_{\text{ср.}} = (32x + 44y) : (x + y) = 40,397$ $40,397x + 40,397y = 32x + 44y$ $40,397x - 32x = 44y - 40,397y$ $8,397x = 3,603y$ $2,331x = y$ $\chi(\text{O}_2) = x : (2,331x + x) = 0,30$ (или 30%) $\chi(\text{N}_2\text{O}) = 100\% - 30\% = 70\%$. Объём газа прямо пропорционален его количеству. В смеси газов: $\phi(\text{N}_2\text{O}) = \chi(\text{N}_2\text{O}) = 70\%$.	6
2	Рассчитана массовая доля закиси азота в смеси. Пусть $n(\text{смеси}) = 1 \text{ моль}$, тогда $m(\text{N}_2\text{O}) = 0,7 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 30,8 \text{ г}$, $m(\text{O}_2) = 0,3 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 9,6 \text{ г}$, $W(\text{N}_2\text{O}) = 30,8 \text{ г} : (30,8 \text{ г} + 9,6 \text{ г}) = 0,76$ (или 76%).	4
3	Составлено уравнение реакции получения закиси азота в условиях лаборатории: $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$	2
4	Произведён расчет массы нитрата аммония. $m(\text{N}_2\text{O}) = 100 \text{ г} \cdot 0,76 = 76 \text{ г}$ $n(\text{N}_2\text{O}) = 76 \text{ г} : 44 \text{ г/моль} = 1,73 \text{ моль}$ $n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = n(\text{N}_2\text{O}) = 1,73 \text{ моль}$ $m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 1,73 \text{ моль} \cdot 80 \text{ г/моль} = 138,4 \text{ г}$.	4
5	Рассчитан объём смеси анестетика. Рассчитываем объёмы, занимаемые каждым газом отдельно, а затем сложим их. По уравнению Менделеева-Клапейрона: $p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$; $V = (m \cdot R \cdot T) / (M \cdot p)$ $V(\text{O}_2) = (9,6 \text{ г} \cdot 8,31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 293 \text{ К}) : (32 \text{ г/моль} \cdot 150000 \text{ Па}) = 0,0049 \text{ м}^3 = 4,9 \text{ л}$ $V(\text{N}_2\text{O}) = (30,8 \text{ г} \cdot 8,31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 293 \text{ К}) : (44 \text{ г/моль} \cdot 150000 \text{ Па}) = 0,0114 \text{ м}^3 = 11,4 \text{ л}$ Полученные объёмы складываем: $V(\text{смеси}) = 4,9 \text{ л} + 11,4 \text{ л} = 16,3 \text{ л}$	4

Задача 11-3. В качестве консерванта в шампунях часто применяют парабены. Они проявляют антисептические и фунгицидные (противогрибковые) свойства. Поэтому в промышленности осуществляют масштабный синтез парабенов и контроль качества готовой продукции.

При оценке химического состава парабена **A** сначала провели его элементный анализ: массовая доля углерода составила 65,06%. Затем соединение **A** подвергли кислотному гидролизу. В результате образовались гидрокси кислота **B** и вещество **C**. При окислении вещества **C** перманганатом калия в присутствии серной кислоты при нагревании в продуктах реакции было обнаружено органическое вещество **D**.

При обработке вещества **B** раствором гидроксида натрия образовалась соль монокарбоновой кислоты – **пара-гидроксибензоат натрия**.

Вещество **D**, имеющее специфический кислый запах продуктов брожения, выделили из смеси. При добавлении к его водному раствору спиртового раствора метилоранжа раствор приобрёл красный цвет. При добавлении к веществу **D** гидрокарбоната натрия выделился газ без цвета и запаха, не поддерживающий горение.

В промышленности парабен **A** получают 2 основными способами:

1) реакцией этерификации соответствующей гидрокси кислоты в присутствии концентрированной серной кислоты;

2) методом Кольбе-Шмитта – карбоксилированием фенолята натрия (или калия) углекислым газом с обработкой образующегося продукта реакции раствором соляной кислоты, в результате чего получается смесь 2-х изомеров, и последующей этерификацией одного из изомеров.

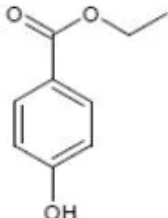
Вопросы.

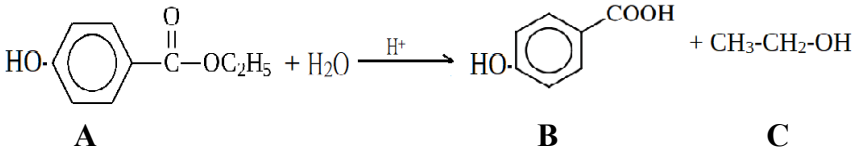
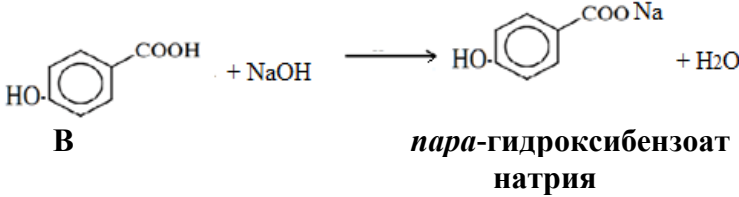
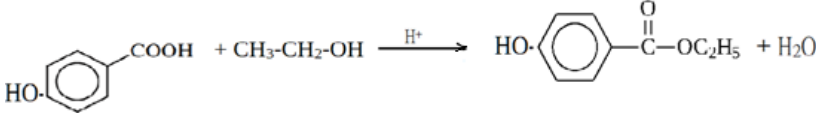
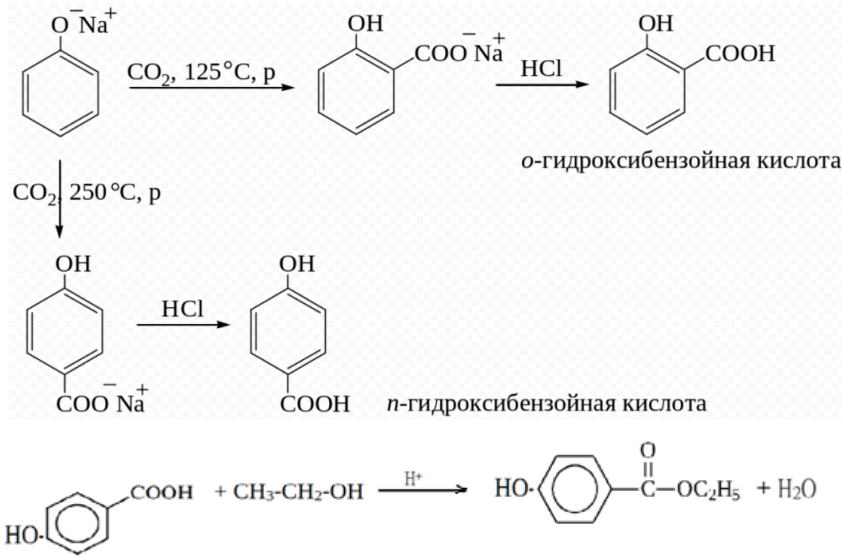
1. Напишите структурную формулу парабена (вещество **A**), о котором идёт речь в задаче. Ответ подтвердите расчётами.

2. Составьте уравнения реакций образования веществ **B**, **C**, **D** и **пара-гидроксибензоата натрия**.

3. Приведите уравнения реакций, применяемые для синтеза вещества **A** 2-мя указанными способами.

4. Какую массу вещества **A** можно получить из 1 кг фенола по методу Кольбе-Шмитта? Приведите соответствующие расчёты, принимая выход на каждом этапе – 80%.

№п/п	Этапы решения	Кол-во баллов
1	Этилпарабен – сложный эфир пара-гидроксибензойной кислоты и этилового спирта (вещество A): 	2
2	Произведён расчёт массовой доли углерода в этилпарабене, подтверждающий химический состав вещества A. В продуктах брожения могут быть обнаружены кислоты, которые изменяют окраску метилоранжа на красную: уксусная, пропионовая, масляная и другие кислоты придают бродильной массе специфический запах. Поэтому в задаче идёт речь о сложном эфире пара-гидроксибензойной кислоты.	4

	По расчётам подходит эфир уксусной кислоты: $W(C \text{ в этилпарабене}) = (12 \cdot 9) / (12 \cdot 9 + 16 \cdot 3 + 1 \cdot 10) = 0,6506$ (или 65,06%).	
3	Составлены уравнения реакций образования веществ В, С, Д, Е и пара-гидроксibenзоата натрия:  A B C $C_2H_5OH + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 4H_2O$ C D  В пара-гидроксibenзоат натрия Вещество В – <i>пара</i>-гидроксibenзойная кислота. Вещество С – этанол. Вещество Д – уксусная кислота.	6
4	Приведены уравнения реакций, применяемые для синтеза вещества А 2-мя указанными способами (по 2 балла за каждый способ). Реакция этерификации соответствующей гидроксикислоты этанолом в присутствии концентрированной серной кислоты:  Карбоксилирование фенолята натрия (или калия) углекислым газом с обработкой продукта реакции раствором соляной кислоты (метод Кольбе-Шмитта), в результате чего получается смесь 2-х изомеров и последующей этерификацией этанолом:  <i>о</i>-гидроксibenзойная кислота <i>n</i>-гидроксibenзойная кислота	4

5	Расчёт массы вещества A по методу Кольбе-Шмитта, исходя из фенола: $n_{\text{теор.}}(\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_2\text{H}_5) = n(\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}) =$ $= n(\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_5-\text{COONa}) = n(\text{C}_6\text{H}_5-\text{ONa}) = n(\text{C}_6\text{H}_5-\text{OH}) =$ $= 1000 \text{ г} : 94,11 \text{ г/моль} = 10,63 \text{ моль}$ $m_{\text{теор.}}(\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_2\text{H}_5) = 10,63 \text{ моль} \cdot 166,17 \text{ г/моль} = 1766 \text{ г.}$ $m_{\text{практ.}}(\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_2\text{H}_5) = 1766 \text{ г} \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 723 \text{ г.}$	4
20 баллов		

Задача 11-4. Вещество **X** представляет собой вязкую прозрачную густую сиропообразную жидкость со сладким вкусом. Поэтому первоначально на этапе его открытия в начале XVIII в. учёные относили его к сахарам, к которым, как выяснилось позже, оно не имеет отношения. Аналогичные свойства проявляет белый кристаллический порошок вещества **Z**, обнаруженный гораздо позже в водорослях и некоторых плеснях, не имеющий запаха, но также обладающий сладким вкусом, из-за чего вещество **Z** иногда применяют в пищевой промышленности в качестве диетического подсластителя.

В начале XIX в. химический состав сахаров начали описывать в качестве гидратов углерода ($\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$), например, глюкозу (молекулярная формула – $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) представляли так: $\text{C}_6(\text{H}_2\text{O})_6$. Соотношение $n : m$ в составе веществ **X** и **Z** близко к 1:1, но не соответствует данному соотношению. Вещества **X** и **Z** подвергаются обезвоживанию. При нагревании вещества **X** со жжёной магнезией (обезвоживающее вещество) выделяется газ **Y** с характерным резким удушающим запахом и пары воды. При прокаливании порошка вещества **Z** в присутствии серной кислоты также выделяются пары воды.

Вещества **X** и **Z** не дают реакции «серебряного зеркала», а элементный состав показывает, что массовая доля углерода в веществе **X** составляет 39,13%. При добавлении свежесажённого гидроксида меди (II) к водному раствору каждого из них осадок растворяется, а растворы окрашиваются в васильковый цвет.

Молярные массы данных веществ соотносятся: $M(\text{Z}) : M(\text{X}) = 1,337$.

Вопросы.

1. Назовите вещества **X** и **Z**. Напишите их структурные формулы. Ответ подтвердите расчётами.

2. Из 36,51 мл вещества **X** (плотность – $1,26 \text{ г/см}^3$ при 20°C) при дегидратации в присутствии жжёной магнезии образуется 18 г паров воды. Напишите структурную формулу вещества **Y** и определите объём данного вещества (при н.у.), который при этом выделяется.

3. Составьте уравнения реакций дегидратации вещества **X** и его взаимодействия со свежесажённым гидроксидом меди (II).

№п/п	Этапы решения	Кол-во баллов
1	Приведены названия веществ X и Z . X – глицерин, Z – бутантетраол-1,2,3,4.	2
2	Написаны структурные формулы веществ X и Z. $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array}$ глицерин $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array}$ бутантетраол-1,2,3,4	4
3	Произведены расчёты, подтверждающие определение структурных формул веществ.	4

6	Составляем уравнения реакций дегидратации вещества X и его взаимодействия со свежеосаждённым гидроксидом меди (II): $ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} \xrightarrow[\text{MgO}]{t^\circ} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 \end{array} + 2\text{H}_2\text{O} $ Акролеин $ 2 \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{O} \quad \text{H} \quad \text{O}-\text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{CH}-\text{O} \quad \text{Cu} \quad \text{O}-\text{CH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}-\text{OH} \quad \text{HO}-\text{CH}_2 \end{array} + 2\text{H}_2\text{O} $ Глицерат меди	4
20 баллов		

Задача 11-5. После проведения опыта по сжиганию серы и угля в кислороде на химическом кружке у учащегося остались 4 грязные пробирки, который использовались для получения одного из веществ. Ученик заполнил пробирки водой, из-за чего раствор приобрёл зелёный цвет. Он стал тщательно мыть пробирки ёршиком, но оставшийся на них налёт грязно-коричневого цвета отчистить не удалось. Тогда ученик добавил в пробирки следующие реактивы, которые оказались под рядом: в 1-ую – раствор соляной кислоты, во 2-ую – раствор щавелевой кислоты, в 3-ью – раствор пероксида водорода, в 4-ую – раствор гидроксида натрия. Содержимое всех пробирок ученик осторожно нагрел. В результате в 1-й и 2-й пробирках постепенно осадок растворился. В 3-й наблюдалось образование пузырьков газа. В 4-й пробирке внешних изменений не наблюдалось.

Вопросы.

- Исходя из информации о проводимом на кружке эксперименте, предположите, что представляют собой вещества, оставшиеся в пробирке после проведения опыта. Напишите их химические формулы
- Напишите уравнение химической реакции, которое соответствует опыту, который проводили на кружке в пробирках для получения одного вещества, после чего пробирки долго и тщательно отмывать от продуктов реакции.
- Поясните процессы, происходящие во всех пробирках с веществом тёмно-коричневого цвета при добавлении химических реактивов, которые ученик применил для мытья пробирок. Ответ подтвердите уравнениями химических реакций.
- Рассчитайте массу кристаллов дигидрата щавелевой кислоты, которая необходима для того, чтобы растворить 0,10 г вещества тёмно-коричневого цвета, находящегося на поверхности пробирки в описанной ситуации.

№п/п	Этапы решения	Кол-во баллов
1	Получение кислорода из перманганата калия в лаборатории привело к образованию манганата калия (соль, раствор которой имеет зелёный цвет) и оксида марганца (IV) (нерастворим в воде, тёмно-коричневого цвета).	4
2	Приведено уравнение реакции получения кислорода из перманганата калия. $ 2\text{KMnO}_4 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2\uparrow $ манганат калия	2
3	Составлены уравнения реакций, соответствующие описанной	8

	ситуации (по 3 балла за каждое уравнение реакции) и указано на отсутствие взаимодействия пероксида водорода с гидроксидом натрия (2 балла). При действии растворами кислот происходит растворение осадка тёмно-коричневого цвета – MnO_2: $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MnSO}_4 + 2\text{CO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ MnO_2 выступает в качестве катализатора при разложении пероксида водорода: $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\uparrow.$ $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \nrightarrow$	
4	Рассчитана масса кристаллов дигидрата щавелевой кислоты. $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MnSO}_4 + 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ $n(\text{MnO}_2) = 0,10 \text{ г} : 86,94 \text{ г/моль} = 0,0012 \text{ моль}$ (1 балл) $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = n(\text{MnO}_2) = 0,0012 \text{ моль}$ (1 балл) $m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,0012 \text{ моль} \cdot 126,06 \text{ г/моль} = 0,15 \text{ г}$ (1 балл)	6
		20 баллов