

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ  
ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ 2025/2026 УЧЕБНОГО ГОДА**

**Критерии и методика оценивания заданий**

**11 класс**

**ЗАДАЧА 1. «ГЖЕЛЬ»**

№	Содержание ответа	Число баллов
1	<p>Соединения <b>X<sub>1</sub></b>, <b>X<sub>2</sub></b>, <b>AB</b> и <b>AB</b> можно установить из разных предположений или расчетным методом. Например:</p> <p>Исходя из того, что сульфат металла <b>ASO<sub>4</sub></b> содержит двухвалентный металл <b>A</b>, а вещество <b>AB</b> является оксидом. Тогда по массовой доле находим формулу <b>CoO</b>, а затем устанавливаем все остальные структуры.</p> <p>Исходя из того, что вещества <b>X<sub>1</sub></b> и <b>X<sub>2</sub></b> являются соответственно кристаллогидратом карбоната металла и карбонатом металла, поскольку они образуются при смешении сульфата и растворимого карбоната, а на кристаллогидрат указывает разница молярных масс, кратная 18. Из количества углекислого газа можно установить, что металл <b>A</b> — это либо <b>Co</b>, либо <b>Sn</b>, а затем сделать точный выбор, используя массовую долю <b>AB</b>.</p> <p>Исходя из тройного равенства, которое получается из данных задачи, поочередно анализируя каждое из равенств. Таким методом, помимо атомной массы <b>A</b>, сразу будет выведено и соотношение между количеством атомов <b>A</b> в <b>AB</b> и <b>AB</b>.</p> $\frac{10w(X_1)}{aAr(A) - 108w(X_1)} = \frac{6.3w(AB)}{aAr(A)} = \frac{6.75aw(AB_{\text{подч.}})}{b^2Ar(A)}$ <p>(<i>a</i> – количество атомов <b>A</b> в <b>AB</b>, <i>b</i> – количество атомов <b>A</b> в <b>AB</b>)</p> <p>Исходя из увеличения массы и равенства, представленного выше, можно установить, что <b>AB</b> это <b>Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>.</p> <p>Если вещества <b>X<sub>1</sub></b>, <b>X<sub>2</sub></b>, <b>AB</b>, <b>AB</b> были предположены из общих свойств и других данных, то расчет массовой доли металла <b>A</b> в них считать расчетом для установления формулы.</p>	<p>За определение элемента <b>A</b> <b>1 балл</b></p> <p>За каждое соединение <b>2,5 балла</b> <b>(всего 15 баллов)</b></p> <p>За подтверждение структур расчетами массовых долей или составлением и анализом уравнений, содержащих данные задачи <b>2 балла</b></p>
2	$CoSO_4 + Na_2CO_3 + H_2O = CoCO_3 \cdot 6H_2O (X_1) + Na_2SO_4$ $CoCO_3 \cdot 6H_2O = CoCO_3 (X_2) + 6H_2O$ $CoCO_3 = CoO (AB) + CO_2$ $6CoO + O_2 = 2Co_3O_4 (AB)$ $Co_3O_4 = 6CoO (AB) + O_2$ $CoO + SiO_2 = Co_2SiO_4 (X_3)$ $CoO + Al_2O_3 = CoAl_2O_4 (\text{«Тенарова синь»})$	<p>За каждое уравнение реакции <b>0,5 балла</b> <b>(3,5 балла)</b></p>
3	$Co_3O_4 + 8HCl = 3CoCl_2 + Cl_2 + 4H_2O$	<b>1 балл</b>
4	$CoCO_3 (X_2) + 2HCl = CoCl_2 + CO_2 + H_2O$	<b>2,5 балла</b>

	Из данных задачи находим, что реакция протекает в условиях недостатка соляной кислоты и вычисления проводим, отталкиваясь от ее количества: $V(\text{CO}_2) = (\text{C}(\text{HCl}) \cdot V(\text{p-p})/2) \cdot 22.4 = 2.48 \text{ л}$	
	<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>

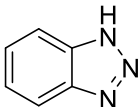

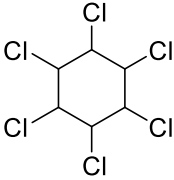
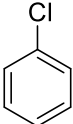
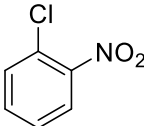
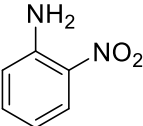
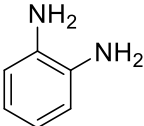
## ЗАДАЧА 2. «СЕРИАЛЬНЫЕ БАЙКИ»


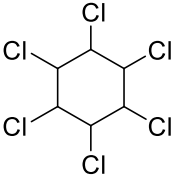

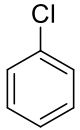
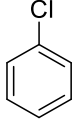
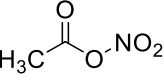
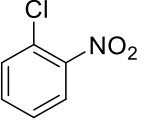
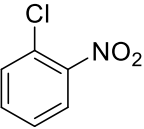
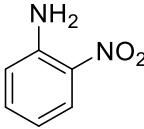
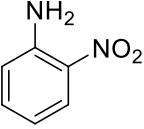
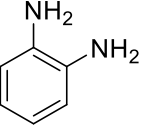
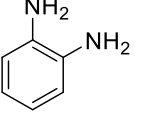
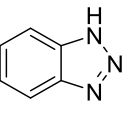
№	Содержание ответа	Число баллов
1	<p>На основании представленных условий проще всего определить молярную массу <b>A</b> как <math>0.85 \cdot 40 = 34 \text{ г/моль}</math>. Полученное значение молярной массы соответствует двум распространенным газам – сероводороду и фосфину. Вариант с сероводородом выглядит сомнительно, поскольку для сероводорода чесночный запах не характерен в отличие от фосфина. Значит, <b>A</b> – <b>PH<sub>3</sub></b> и <b>Z</b> – <b>P<sub>4</sub></b> (или <b>P<sub>(бел)</sub></b>). Тогда логично предположить, что в начале задачи речь шла о красной аллотропной модификации фосфора и <b>X</b> – <b>P<sub>(красн)</sub></b>. Формулу вещества <b>B</b> в общем виде можно представить как <b>Y<sub>3</sub>P<sub>x</sub></b>. Тогда реакция гидролиза фосфида выглядит следующим образом:</p> $\text{Y}_3\text{P}_x + 3x\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Y}(\text{OH})_x + x\text{PH}_3 \uparrow$ <p>Количества участников данной реакции можно выразить как <math>n(\text{Y}_3\text{P}_x) = \frac{27.3}{3M(\text{Y})+62}</math> и <math>n(\text{PH}_3) = \frac{6.72}{22.4} = 0.3 \text{ моль}</math>. В таком случае по пропорции можно получить, что <math>M(\text{Y}) = 20x</math>. При <math>x = 1</math> <math>M(\text{Y}) = 20 \text{ г/моль}</math>, что не имеет химического смысла, а при <math>x = 2</math> <math>M(\text{Y}) = 40 \text{ г/моль}</math>, что соответствует кальцию. Приходим к выводу, что <b>Y</b> – <b>Ca</b> и <b>B</b> – <b>Ca<sub>2</sub>P<sub>2</sub></b>.</p> <p>По-видимому, сплавление кальция с фосфором может приводить и к образованию фосфидов иного состава. Так, если в <b>C</b> <math>n</math> атомов фосфора, то его молярная масса равна <math>40 \cdot n/0.563 = 71 \cdot n \text{ г/моль}</math>. При <math>n = 1</math> остаток в молярной массе равный <math>71 - 40 = 31 \text{ г/моль}</math> прекрасно соответствует одному атому фосфора и простейшая формула <b>C</b> – <b>CaP</b>. Если мы попытаемся записать реакцию гидролиза такого соединения, то получим вариант типа <math>\text{CaP} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{PH}_2</math>. Частица <b>PH<sub>2</sub></b> должна быть неустойчивой из-за наличия одной свободной валентности фосфора. Простейший вариант снятия неустойчивости – рекомбинация двух фрагментов <b>PH<sub>2</sub></b> с образованием димера <b>P<sub>2</sub>H<sub>4</sub></b>. В таком случае <b>C</b> – <b>Ca<sub>2</sub>P<sub>2</sub></b>, а <b>D</b> – <b>P<sub>2</sub>H<sub>4</sub></b>.</p> <p>По своим некоторым физико-химическим свойствам фосфин напоминает аммиак. В частности, фосфин может вступать в реакции кислотно-основного взаимодействия с образованием солей фосфония. Щелочной гидролиз солей фосфония, действительно, приводит к образованию свободного фосфина.</p>	<p>Установление формул веществ <b>X–Z</b>, <b>A–E</b> по <b>1 баллу</b> (<b>8 баллов</b>)</p> <p>За подтверждение структур расчетами массовых долей или составление и решение уравнений, содержащих данные задачи <b>3 балла</b></p>

	Подтверждением того, что <b>Е</b> – это соль фосфония, служит наличие в ней водорода. Если мы запишем формулу <b>Е</b> как $(PH_4)_yAn$ , где $An$ – кислотный остаток, то $M(E) = \frac{4y}{0.0247} = 162y$ . При $y = 1$ на $An$ приходится $162 - 35 = 127$ г/моль, что соответствует йоду. Значит, <b>Е</b> – <b>PH<sub>4</sub>I</b> .	
2	1. $3Ca + 2P \xrightarrow{T} Ca_3P_2$ (или $6Ca + P_4 \xrightarrow{T} 2Ca_3P_2$ ) 2. $Ca_3P_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ca(OH)_2 + 2PH_3 \uparrow$ 3. $2Ca + 2P \xrightarrow{T} Ca_2P_2$ (или $4Ca + P_4 \xrightarrow{T} 2Ca_2P_2$ ) 4. $Ca_2P_2 + 4H_2O \rightarrow 2Ca(OH)_2 + P_2H_4 \uparrow$ 5. $PH_4I + KOH \rightarrow PH_3 \uparrow + KI + H_2O$	За каждое уравнение реакции <b>1 баллу</b> <b>(5 баллов)</b>
3	Инертность красного фосфора можно объяснить полимерной структурой, приводящей к относительно прочному связыванию атомов фосфора друг с другом. Как следствие, реакция красного фосфора с горячей водой становится затрудненной.	<b>2 балла</b>
4	«Блуждающие огни» – явление возникновения «огоньков», наблюдаемое на болотах или кладбищах. Одной из предполагаемых причин его проявления является самопроизвольное воспламенение дифосфина на воздухе.	<b>2 балл</b>
	<b>Итого</b>	<b>20 баллов</b>

### ЗАДАЧА 3. «ПОЛУШКА»

№	Содержание ответа	Число баллов
1	<p>Вещества <b>X–Z</b> и элементы <b>A, B</b> можно установить исходя из следующих предположений:</p> <p>Бинарное соединение металла <b>B</b>, известное из темы «альдегиды», – это <math>Cu_2O</math>. Формулу этого вещества также можно вывести из массовой доли <b>Z</b>, предполагая, что данное вещество является оксидом. Вещество <b>C</b> – это <math>NaCl</math> или <math>KCl</math>, поскольку вещество <b>C</b> должно содержаться в морской воде, а реакция его с <b>A</b> сопровождается выпадением белого творожистого осадка. По этой же причине <b>A</b> – <math>Ag</math>. Элементы <b>A</b> и <b>B</b> должны быть металлами, которые использовались для чеканки монет, это сужает круг предположений. То, что один и тот же номинал монеты стал выглядеть гораздо <b>больше</b> после перехода от металла <b>A</b> к металлу <b>B</b>, говорит о меньшей стоимости последнего.</p> <p>Соединения <b>X</b> (<math>Cu_2(OH)_3Cl</math>) и <b>Y</b> (<math>Cu_2(OH)_2CO_3</math>) легко находятся если известен элемент <b>B</b>.</p>	<p>Установление элементов <b>A</b> и <b>B</b>  <b>1 балл</b>  <b>(2 балла)</b></p> <p>Установлены соединения <b>X–Z</b>  <b>1 балл</b>  <b>(3 балла)</b></p> <p>Выполнены расчеты для установления формулы <b>X–Z</b></p>

	<p>Расчеты формулы <b>X</b> (<math>\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}</math>):</p> $v(\text{Cu}):v(\text{O}):v(\text{H}):v(\text{Cl}) = \frac{59.67}{64} : \frac{22.38}{16} : \frac{1.4}{1} : \frac{16.55}{35.5} =$ $= 0.93 : 1.4 : 1.4 : 0.47 = 2 : 3 : 3 : 1$ <p>Расчеты формулы <b>Y</b> (<math>\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3</math>):</p> $v(\text{Cu}):v(\text{O}):v(\text{H}):v(\text{C}) = \frac{57.66}{64} : \frac{36.04}{16} : \frac{0.9}{1} : \frac{5.4}{12} =$ $= 0.9 : 2.25 : 0.9 : 0.45 = 2 : 5 : 2 : 1$ <p>Расчеты формулы <b>Z</b> (<math>\text{Cu}_2\text{O}</math>):</p> $v(\text{Cu}):v(\text{O}) = \frac{88.88}{64} : \frac{11.12}{16} = 1.4 : 0.7 = 2 : 1$ <p>Если для вещества <b>Z</b> была предположена формула оксида меди(I), то расчет массовой доли металла <b>B</b> в них, тоже считать расчетом для установления формулы.</p> <p>Исходя из условий превращения <b>F</b> в <b>G</b>, можно сделать предположение, что вещество <b>F</b> является ацетиленом. Тогда, исходя из общих свойств веществ и условий реакций, можно установить все элементы цепочки <b>E–D</b>.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>D</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><math>\text{CaC}_2</math></p> <p><b>E</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><math>\text{HC}\equiv\text{CH}</math></p> <p><b>F</b></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>G</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>H</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>I</b></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>J</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>K</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>L</b></p> </div> </div> <p>Расчет, подтверждающий предположение о соединении <b>D</b>, должен включать расчет массовой доли азота (предположена формула <b>D</b> <math>\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_3</math>):</p> $w(\text{N}) = \frac{3 \cdot 14}{119} \cdot 100\% = 35.29\%$	<p><b>1 балл</b> (3 балла)</p> <p>Установлены формулы веществ <b>C–L</b> <b>0,5 балл</b> (5 баллов)</p> <p>Установлено соединение <b>D</b> и подтверждена его формула <b>2 балла</b></p>
2	<p><b>1</b> <math>\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HC}\equiv\text{CH} + \text{Ca}(\text{OH})_2</math></p> <p><b>2</b> <math>3 \text{HC}\equiv\text{CH} \xrightarrow[t^\circ]{\text{C (акт.)}} \text{C}_6\text{H}_6</math></p>	<p><b>0,5 балла</b> (4 балла)</p>



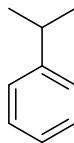

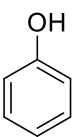
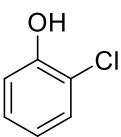
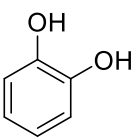
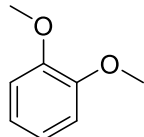
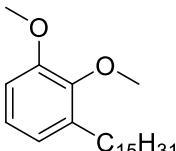
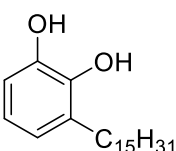
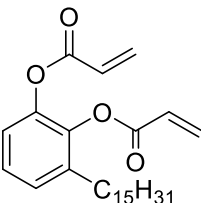
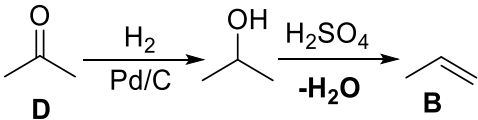
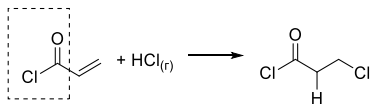
	<p>3  + 3 Cl<sub>2</sub> <math>\xrightarrow{\text{УФ}}</math> </p> <p>4  + Cl<sub>2</sub> <math>\xrightarrow{\text{FeCl}_3}</math>  + HCl</p> <p>5  +  <math>\longrightarrow</math>  + CH<sub>3</sub>COOH</p> <p>6  + NH<sub>3</sub> <math>\longrightarrow</math>  + NH<sub>4</sub>Cl</p> <p>7  + N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> <math>\longrightarrow</math>  + N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O</p> <p>8  + NaNO<sub>2</sub> + HCl <math>\longrightarrow</math>  + 2 H<sub>2</sub>O + NaCl</p>	
3	Вместо этих условий может быть предложено восстановление водородом над катализатором или любой другой способ промышленного восстановления.	1 балл
4	HNO <sub>3</sub> в присутствии H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,5 балла
5	На поверхности образуется полимерное «комплексное» соединение, бензотриазол может подобно пептидам давать сложные комплексы с ионами меди.	1,5 балл
6	$m(\text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2)/M(\text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2) \cdot 22,4 \cdot 0,8 = 0,062$ л (соотношение между азотом и хиноксалином 1:1)	2 балла
	<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>

#### ЗАДАЧА 4. «ФИЗХИМИЯ БЕЗ ЦИФР»

№	Содержание ответа	Число баллов
1	Хлорид бериллия является солью, образованной сильной кислотой и слабым основанием, что обуславливает принципиальную возможность гидролиза данной соли. Принимая во внимание, что в кристаллогидратах молекулы кристаллизационной воды химически связаны с ионом металла, нагревание будет способствовать протеканию гидролиза (гидролиз – эндотермический процесс). В качестве возможных	3 балла

	продуктов гидролиза кристаллогидрата хлорида бериллия можно предположить $\text{Be}(\text{OH})\text{Cl}$ и $\text{Be}(\text{OH})_2$ , а также продукт разложения последнего – $\text{BeO}$ .	
2	<p>Запишем реакции хлорида ртути (II) с аммиаком:</p> $\text{HgCl}_2 + 2\text{NH}_3 \rightarrow [\text{HgNH}_2]\text{Cl} + \text{NH}_4\text{Cl}$ $\text{HgCl}_2 + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{NH}_4\text{Cl}} [\text{Hg}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}_2$ <p>Формулы продуктов «отличаются» на фрагмент <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math>, что позволяет предположить равновесие между ними:</p> $[\text{HgNH}_2]\text{Cl} + \text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons [\text{Hg}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}_2$ <p>Введение в систему хлорида аммония смещает равновесие в сторону <math>[\text{Hg}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}_2</math>.</p>	<p><b>4 балла</b></p> <p>(за идею что комплексы переходят друг в друга под действием хлорида аммония)</p>
3	<p>Действительно, реакция синтеза аммиака является экзотермической, и, в соответствии с принципом Ле-Шателье, увеличение температуры должно приводить к смещению равновесия в сторону исходных веществ. Однако при анализе промышленного процесса важно анализировать не только термодинамику, но и кинетику. <b>При низких температурах скорость реакции синтеза будет невысокой, и достижение равновесия потребует довольно длительного времени.</b> Как следствие, количество аммиака, производимое в единицу времени, уменьшится. Температура порядка 450 °C соответствует оптимуму между термодинамическим и кинетическим фактором.</p>	<p><b>4 балла</b></p>
4	<p>Соляная кислота является сильной кислотой, в воде диссоциирует нацело, и, как следствие, <math>[\text{H}^+] = C_{\text{HCl}}</math>. По определению <math>pH = -\lg[\text{H}^+]</math>, что приводит к выражению <math>pH = -\lg C_{\text{HCl}}</math>. Однако необходимо помнить, что помимо соляной кислоты в растворе диссоциирует еще и вода: <math>\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-</math>. Ионное произведение воды <math>[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}</math>. В таком случае для дистиллированной воды <math>[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]</math> и <math>pH = 7</math>. В предельно разбавленных растворах соляной кислоты диссоциация хлороводорода приводит к существенно меньшему количеству протонов в сравнении с количеством протонов, образующихся за счет диссоциации воды. Как следствие, <math>pH</math> раствора соляной кислоты не может быть больше 7.</p>	<p><b>4 балла</b></p>
	<b>Итого</b>	<b>15 баллов</b>

## ЗАДАЧА 5. «ЛАК 漆»

№	Содержание ответа	Число баллов
1	<p>Решение данной задачи начинают с установления структуры <b>В</b>. Это можно сделать исходя из молекулярной массы и класса соединения (алкен):</p> $M(C_nH_{2n}) = 12n + 2n = 42 \text{ г/моль, откуда } n = 3. C_3H_6 (\text{В})$ <p>Формулу соединения <b>I</b> можно установить, анализируя количественные данные продуктов его сгорания:</p> $\frac{136.3}{22.4} = v(C) \frac{2 \cdot 109.5}{18} + \frac{9.1}{22.4} = v(H) \frac{9.1}{22.4} = v(Cl)$ <p>Сумма масс (в г) <i>C</i>, <i>H</i>, <i>Cl</i> дает 100 г.</p> $v(C):v(H):(Cl) = 6.1:12.6:0.4 = 15:31:1$ <p>Исходя из состава и класса (алкилгалогенид): <math>C_{15}H_{31}Cl</math> (<b>I</b>)</p> <p>Затем, исходя из соответствующих условий реакций, массовых долей и других подсказок, составляют все уравнения реакции.</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <b>A</b></div> <div style="text-align: center;"> <b>B</b></div> <div style="text-align: center;"> <b>C</b></div> <div style="text-align: center;"> <b>D</b></div> <div style="text-align: center;"> <b>E</b></div> <div style="text-align: center;"> <b>F</b></div> <div style="text-align: center;"> <b>G</b></div> <div style="text-align: center;"> <b>H</b></div> <div style="text-align: center;"> <b>J</b></div> <div style="text-align: center;"> <b>K</b></div> <div style="text-align: center;"> <b>L</b></div> </div>	<p>За расчет и установление структуры <b>В</b> <b>1 балл</b></p> <p>За расчет формулы <b>I</b> <b>2 балла</b></p> <p>За установление структур <b>A</b>, <b>C–H</b>, <b>J–L</b> <b>1 балл (10 баллов)</b></p>
2	Реагентом для получения <b>G</b> в реакции 5 может служить <b>NaOH</b> .	<b>0,5 балла</b>
3		<b>0,5 балла</b>
4	<p>Реакция идет против правила Марковникова, поскольку у двойной связи располагается электроноакцепторный заместитель:</p> 	<b>1 балл</b>
	<b>Итого</b>	<b>15 баллов</b>