

**Критерии и методика оценивания заданий муниципального этапа ВСОШ  
по химии 2024/2025 учебного года  
11 класс**

**Задача 1**

№	Содержание ответа	Число баллов
1	<p>При прокаливании простого вещества в воздушной атмосфере наиболее вероятно образование оксида. Формулу оксида можно установить, используя уравнение Менделеева-Клапейрона:</p> $pV = \frac{mRT}{M},$ <p>где <math>p</math> – давление паров вещества, <math>V</math> – объем, занимаемый веществом, <math>m</math> – масса вещества, <math>R</math> – универсальная газовая постоянная, <math>T</math> – температура, <math>M</math> – молярная масса вещества.</p> <p>Получаем:</p> $M = \frac{mRT}{pV} = \frac{1 \text{ г} \cdot 8.314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 773 \text{ К}}{0.286 \cdot 101325 \text{ Па} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 111 \text{ г/моль}$ <p>Методом перебора формулы мы установим состав оксида. Если предположить, что в формульной единице оксиде содержится 1 атом кислорода, то на остаток придется <math>111 - 16 = 95</math> г/моль. Данное значение близко к Мо, однако оксид МоО не существует. Если же предположить 2 атома кислорода на формульную единицу оксида, то на остаток приходится <math>111 - 16 \cdot 2 = 79</math> г/моль, что соответствует селену. Значит, <b>А</b> – Se (селен), а <b>В</b> – SeO<sub>2</sub> (диоксид селена).</p>	<p><b>2 балла</b> (за расчет)</p> <p><b>2 балла</b> (по 1 баллу за А и В)</p>
2	<p>Химические свойства соединений селена напоминают химические свойства соответствующих соединений серы. Так, SeO<sub>2</sub>, как и SO<sub>2</sub>, при растворении в воде образует раствор кислоты. Значит, <b>С</b> – H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> (селенистая кислота).</p>	<p><b>1 балл</b></p>
3	<p>Пероксид водорода способен проявлять сильные окислительные свойства, и логично предположить, что H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> будет окислять H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> до H<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (селеновая кислота). Подтвердим данную гипотезу расчетом. Окисление H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> протекает в соответствии со следующим уравнением реакции: <math>H_2SeO_3 + H_2O_2 = H_2SeO_4 + H_2O</math>. Очевидно, что <math>n(H_2SeO_3) = n(Se) =</math></p>	

	<p><math>3/79 = 0.037</math> моль. Количество пероксида водорода в растворе можно рассчитать как <math>n(H_2O_2) = 3.9 \text{ мл} \cdot 1.11 \text{ г/мл} \cdot 0.3 / (34 \text{ г/моль}) = 0.038</math> моль. Видно, что <math>n(H_2SeO_3) / n(H_2O_2) \approx 1</math>, что соответствует стехиометрии уравнения реакции. Значит, <b>D</b> – <b>H<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub></b>.</p>	<p><b>2 балла</b> (за расчет)</p> <p><b>1 балл</b> (формула D)</p>
4	<p>По условию задачи H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> является окислителем в реакции с SO<sub>2</sub>. Логично предположить, что образующимся красным простым веществом является селен со структурой, отличной от структуры исходной модификации селена. Действительно, в описанной реакции образуется красный селен с аморфной структурой. Таким образом, <b>E</b> – <b>Se<sub>(аморфн)</sub>*</b>. Также можно предположить, что модификация селена <b>A</b> является кристаллической.</p> <p><i>*Точное указание типа модификации селена не требуется. Важно лишь указать, что E, как и A является формой существования (аллотропной модификацией) элементарного селена.</i></p>	<p><b>1 балл</b></p>
5	<p>Очевидно, что альтернативный способ получения селена заключается в проведении реакции конпропорционирования между Se<sup>+4</sup> и Se<sup>-2</sup>. В таком случае газ <b>F</b> – <b>H<sub>2</sub>Se</b>.</p>	<p><b>1 балл</b></p>
6	<p>Обработка селенидов металлов водой (или кислотой) является лабораторным способом получения селеноводорода. Представим формулу <b>G</b> как Me<sub>2</sub>Se<sub>x</sub>, где Me – неизвестный металл с относительной атомной массой у. Если предположить, что в условии указана именно массовая доля селена, то</p> $\frac{79x}{2y + 79x} = 0.767$ <p>Получим, что <math>y = 12x</math>. При <math>x = 2</math> <math>y = 24</math> г/моль, что соответствует магнию. Значит, <b>G</b> – <b>MgSe</b>.</p>	<p><b>2 балла</b> (за расчет)</p> <p><b>1 балл</b> (за формулу)</p>
7	<p><b>Уравнения реакций 1 – 7:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>Se + O_2 \xrightarrow{T} SeO_2</math></li> <li><math>SeO_2 + H_2O \rightarrow H_2SeO_3</math></li> <li><math>H_2SeO_3 + H_2O_2 \rightarrow H_2SeO_4</math></li> <li><math>Cu + 2H_2SeO_4 \rightarrow CuSeO_4 + H_2SeO_3 + H_2O</math></li> <li><math>H_2SeO_3 + 2SO_2 + H_2O \rightarrow Se_{(аморфн)} \downarrow + 2H_2SO_4</math></li> <li><math>H_2SeO_3 + 2H_2Se \rightarrow 3Se_{(аморфн)} \downarrow + 3H_2O</math></li> <li><math>MgSe + H_2O = Mg(OH)_2 \downarrow + H_2Se \uparrow</math> (также возможна реакция кислотного гидролиза)</li> </ol>	<p><b>1 балл</b></p>
	<b>Итого</b>	<b>20 баллов</b>

## Задача 2

№	Содержание ответа	Число баллов
1	<p>Для начала установим формулу соли <b>В</b>. <b>В</b> можно представить как <math>Me(NO_3)_2 \cdot nH_2O</math>. Природу <math>Me</math> можно определить по результатам электролиза. Процесс электролиза протекает в соответствии с уравнением:</p> $4Me(NO_3)_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{⚡}} 4Me \downarrow + O_2 \uparrow + 4HNO_3$ <p>Массу выделившегося на катоде металла определим по закону Фарадея:</p> $m(Me) = \frac{I \cdot t \cdot M(Me)}{2 \cdot F},$ <p>где <math>I</math> – сила тока; <math>t</math> – время электролиза; <math>M(Me)</math> – молярная масса металла; <math>F</math> – постоянная Фарадея.</p> <p>Получим, что <math>M(Me) = 2 \cdot F \cdot m(Me) / (I \cdot t) = 2 \cdot 96500 \text{ Кл/моль} \cdot 0.183 \text{ г} / (0.5 \text{ А} \cdot 20 \cdot 60 \text{ с}) = 59 \text{ г/моль}</math>. Данное значение <math>M(Me)</math> соответствует сразу двум возможным металлам – <math>Co</math> и <math>Ni</math>. По условию задачи кристаллогидрат нитрата металла имеет зеленую окраску. На основании данного условия можно заключить, что <math>Me - Ni</math> (соли <math>Co</math> (II) обычно имеют розовую окраску). Количество молекул воды, приходящихся на одну формульную единицу кристаллогидрата, определим из условия равенства мольных долей водорода и кислорода. Мольные доли данных элементов можно выразить следующим образом:</p> $x(H) = \frac{2n}{1 + (1 + 3) \cdot 2 + (2 + 1) \cdot n}$ $x(O) = \frac{3 \cdot 2 + n}{1 + (1 + 3) \cdot 2 + (2 + 1) \cdot n}$ <p>После приравнивания <math>x(H)</math> и <math>x(O)</math> получим, что <math>n = 6</math>.</p> <p>Таким образом, <b>В</b> – <math>Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O</math>.</p>	<p><b>2 балла</b> (за расчет)</p> <p><b>1 балл</b> (за формулу)</p>
2	<p>Анализ методики получения комплексного соединения <b>А</b> позволяет заключить, что в <b>А</b> лигандами являются молекулы <math>NH_3</math>. С учетом координационного числа, равного 6, можно предположить формулу комплексного соединения <math>[Ni(NH_3)_6](NO_3)_2</math>. Подтвердим гипотезу расчетами. Максимальная масса <b>А</b>, которая может быть получена из 2.0000 г <b>В</b>, равна <math>1.6650/0.85 =</math></p>	

	<p>1.9588 г. Исходное количество <math>Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O</math> равно <math>n(Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O) = 2.0000/291 = 6.87 \cdot 10^{-3}</math> моль. Если предположить, что <math>n(Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O) = n(A)</math>, то <math>M(B) = 1.9588/(6.87 \cdot 10^{-3}) = 285</math> г/моль, что в точности соответствует молярной массе предложенного комплексного соединения. Делаем вывод, что <b>A</b> – <math>[Ni(NH_3)_6](NO_3)_2</math>.</p>	<p><b>1 балл</b> (за расчет)</p> <p><b>1 балл</b> (за формулу)</p>
3	<p>Прокаливание аммиакатов на воздухе представляет сложный многостадийный процесс. Логично предположить, что разложение аммиаката на первых порах сопровождается выделением газообразного аммиака в атмосферу до тех пор, пока в твердой фазе не останется <math>Ni(NO_3)_2</math>. Дальнейшее разложение нитрата никеля (II) приводит к образованию оксида никеля (II) и выделению в атмосферу бурого газа и кислорода. Приходим к выводу, что <b>C</b> – <b>NiO</b>.</p>	<b>1 балл</b>
4	<p>Добавление раствора сульфида натрия к аммиакатам металлов является одним из способов осаждения металлов из растворов в форме сульфидов. Таким образом, <b>D</b> – <b>NiS</b>.</p>	<b>1 балл</b>
5	<p>Формула желтой кровавой соли – <math>K_4[Fe(CN)_6]</math> (гексацианоферрат (II) калия). По условию задачи <b>E</b> содержит два комплексных иона в составе. Логично предположить реакцию ионного обмена между <math>[Ni(NH_3)_6](NO_3)_2</math> и <math>K_4[Fe(CN)_6]</math> с образованием <math>[Ni(NH_3)_6]_2[Fe(CN)_6]</math>. Делаем вывод, что <b>E</b> – <math>[Ni(NH_3)_6]_2[Fe(CN)_6]</math>.</p>	<b>1 балл</b>
6	<p><b>Названия веществ:</b>  <b>A</b> – нитрат гексаамминникеля (II)  <b>B</b> – нитрат никеля (II)  <b>C</b> – оксид никеля (II)  <b>D</b> – сульфид никеля (II)  <b>E</b> – гексацианоферрат (II) гексаамминникеля (II)</p>	<p><b>1 балл</b>  <b>1 балл</b>  <b>1 балл</b>  <b>1 балл</b>  <b>1 балл</b></p>
7	<p><b>Уравнения реакция 1 – 6:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>4Ni(NO_3)_2 + 2H_2O \xrightarrow{\Delta} 4Ni \downarrow + O_2 \uparrow + 4HNO_3</math></li> <li><math>Ni(NO_3)_2 + 6NH_3 \rightarrow [Ni(NH_3)_6](NO_3)_2</math></li> <li><math>2[Ni(NH_3)_6](NO_3)_2 \xrightarrow{t} 2NiO + 12NH_3 \uparrow + 4NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow^*</math></li> </ol> <p><i>*Допускаются варианты записи уравнения с участием кислорода, способствующего окислению аммиака до азота</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>[Ni(NH_3)_6](NO_3)_2 + 6HCl \rightarrow Ni(NO_3)_2 + 6NH_4Cl</math></li> </ol>	<p><b>По 1 баллу за каждое уравнение реакции</b></p>

	<p>5. <math>[Ni(NH_3)_6](NO_3)_2 + Na_2S \rightarrow NiS \downarrow + 2NaNO_3 + 6NH_3</math></p> <p>6. <math>2[Ni(NH_3)_6](NO_3)_2 + K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow 4KNO_3 + [Ni(NH_3)_6]_2[Fe(CN)_6] \downarrow</math></p>	
8	Пространственное строение иона $[Ni(NH_3)_6]$ можно описать при помощи правильного октаэдра: в центре находится ион $Ni^{2+}$ , а в вершинах октаэдра расположены молекулы $NH_3$ .	1 балл
	<b>Итого</b>	<b>20 баллов</b>

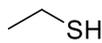
### Задача 3

№	Содержание ответа	Число баллов
1	<p>Реакция разложения оксида азота (V) может быть записана следующим образом:</p> $2N_2O_5 \xrightarrow{T} 4NO_2 + O_2$	2 балла
2	<p>Выразим константу скорости из предложенного кинетического уравнения:</p> $k = \frac{\ln(c_0/c)}{t}$ <p>При <math>t = 5</math> мин <math>c_0/c = 1.57</math>. Подстановка имеющихся значений в выражение для <math>k</math> приводит к значению <math>k = 9 \cdot 10^{-2}</math> мин<sup>-1</sup>.</p>	2 балла (за уравнение)  2 балла (за расчет)
3	<p>Обозначим время полупревращения как <math>t_{1/2}</math>. По определению в момент времени <math>t = t_{1/2}</math> отношение концентраций <math>c/c_0 = 0.5</math>. Значит,</p> $0.5 = e^{-kt_{1/2}}$ <p>Получаем, что <math>t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}</math>. Используя значение <math>k = 9 \cdot 10^{-2}</math> мин<sup>-1</sup> находим, что <math>t_{1/2} = 7.7</math> мин.</p>	2 балла (за уравнение)  2 балла (за расчет)
4	<p>В уравнении Вант-Гоффа фигурируют два неизвестных параметра – <math>A</math> и <math>E_a</math>. Для нахождения энергии активации <math>E_a</math> необходимо составить систему из двух уравнений. Для составления уравнений нам понадобится две пары значений <math>(k_1, T_1)</math> и <math>(k_2, T_2)</math>. Вторую пару <math>(k_2, T_2)</math> найдем из условия времени полупревращения при 65 °С:</p> $k_2 = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}^{(2)}} = \frac{\ln(2)}{2.4} = 28.9 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$ <p>Систему уравнений запишем следующим образом:</p>	2 балла (за расчет)

	$\begin{cases} k_1 = Ae^{-\frac{E_a}{RT_1}} \\ k_2 = Ae^{-\frac{E_a}{RT_2}} \end{cases}$ <p>Получим расчетное выражение для энергии активации:</p> $E_a = \frac{RT_1 T_2 \ln(k_2/k_1)}{T_2 - T_1}$ $E_a = \frac{8.314 \cdot 328 \cdot 338 \cdot \ln(28.9/9.0)}{338 - 328} = 107500 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} = 107.5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	<p><b>3 балла</b> (за расчетное выражение)</p> <p><b>3 балла</b> (за вычисление)</p>
5	<p>Математическое выражение правила Вант-Гоффа:</p> $\frac{v_{T_2}}{v_{T_1}} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}},$ <p>где <math>v_{T_2}</math> и <math>v_{T_1}</math> – скорости реакции при температурах <math>T_2</math> и <math>T_1</math> соответственно, <math>\gamma</math> – температурный коэффициент скорости реакции.</p> <p>Допускается и частный случай выражения для правила Вант-Гоффа:</p> $\frac{v_{T+10}}{v_T} = \gamma$ <p>Для реакции первого порядка <math>v_T = k_T [N_2O_5]</math>. Значит, <math>v_{T_2}/v_{T_1} = k_{T_2}/k_{T_1}</math>. Примем во внимание, что <math>T_2 = 338 \text{ K}</math>, <math>T_1 = 328 \text{ K}</math> и <math>T_2 - T_1 = 10 \text{ K}</math>. Значит,</p> $\gamma = \frac{k_{338}}{k_{328}} = \frac{28.9}{9.0} = 3.2$	<p><b>1 балл</b> (за выражение)</p> <p><b>1 балл</b> (за вычисление)</p>
	<b>Итого</b>	<b>20 баллов</b>

**Задача 4.**

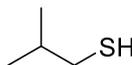
Зашифрованные структуры:

**A**

этилмеркаптан

**B**

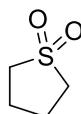
трет-бутилмеркаптан

**C**

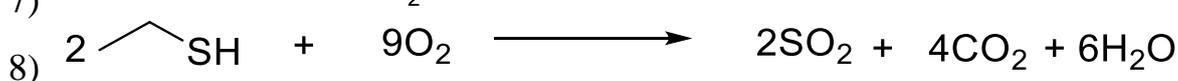
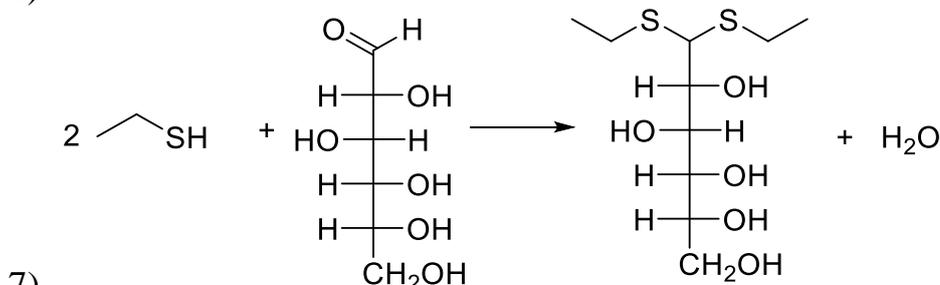
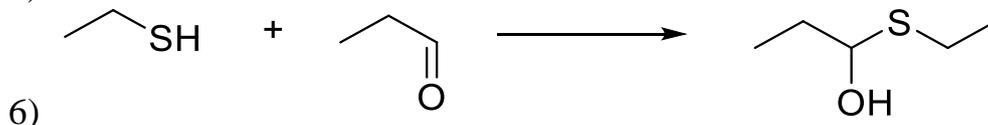
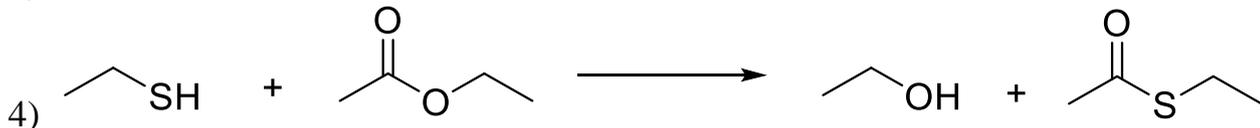
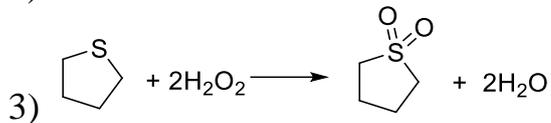
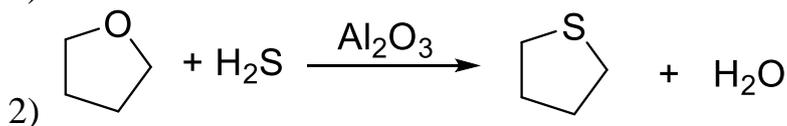
изобутилмеркаптан

**D**

тетрагидротиофен

**F**

Уравнения реакций:



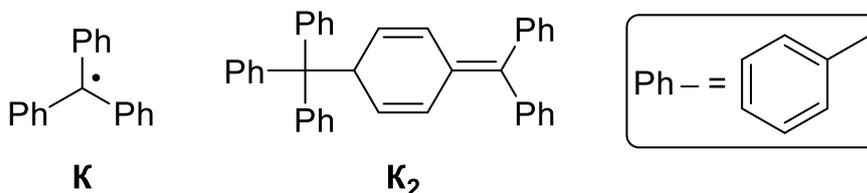
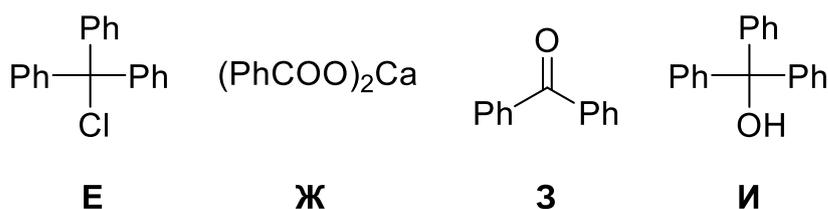
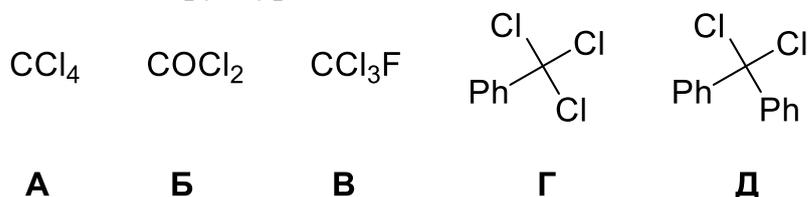
№	Содержание ответа	
1	<p>Дано описание понятию одорант, раскрыта суть применения этилмеркаптана в газовых смесях.</p> <p>Одорант (от лат. odor «запах») — вещество, используемое в качестве примеси к газу для придания ему запаха, по большей части предупреждающего. Обращено внимание на особый <i>резкий запах</i> меркаптанов.</p>	<b>2 балла</b>
2	<p>Расшифрованы структуры соединений, молекулярные формулы А–D. Причем, состав веществ доказан расчетами с использованием данных задачи. Расчет должен исходить из того, что при пропускании смеси газов, образованных при горении 1 моля вещества А, через раствор гидроксида кальция образуется 320 г сульфита и карбоната кальция, а если в качестве поглощающего раствора использовать гидроксид калия – 152 г сульфита и карбоната калия. Решение системы и</p>	<p>по <b>1 баллу</b> за соединение</p> <p><b>3 балла</b> за расчет структуры А (всего 7 б.)</p>

	последующее нахождение количественного соотношения между атомом С и атомом S в молекуле А, дает подтверждение структуре этилмеркопатна. Даны названия веществам (Если название для структуры не дано, оценку за каждую структуру снижают на 0.25 баллов).	
3	Написаны реакции 1–9 (Если в уравнении реакции неверно расставлены коэффициенты, но верно написаны продукты реакции – 0.5 баллов за уравнение).	по 1 баллу (всего 9 б.)
4	Предположен продукт F и газ E. Предположение продукта F исходит из того, что гетероцикл присоединяет несколько атомов кислорода, причем известно, что $sp^3$ -гибридный атом углерода в таких условиях не окисляется перекисью водорода. Предположение газа E исходит из перебора возможных вариантов молекулярной массы равной 34 (молекулярная масса получена из плотности по водороду).	по 1 баллу (всего 2 б.)

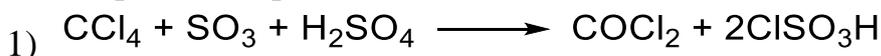
Всего 20 баллов

### Задача 5.

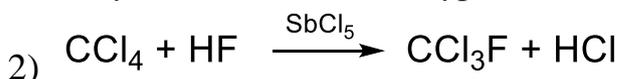
Зашифрованные структуры:



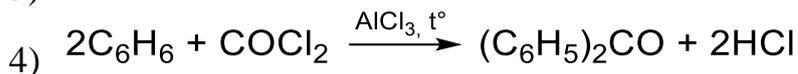
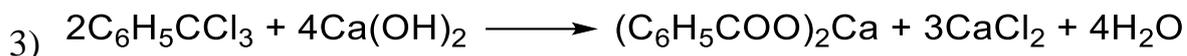
Уравнения реакций:



Допускается написание уравнений с образованием  $Cl_2S_2O_5$  или  $SO_2Cl_2$



Допускается написание уравнения с образованием  $HSbCl_6$



*В качестве катализатора могут использоваться любые кислоты Льюиса:  $\text{AlBr}_3$ ,  $\text{FeBr}_3$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{TiCl}_4$  и т.д.*

№	Содержание ответа	
1	Структуры соединений <b>А–В</b> и <b>Ж–К</b> Структуры соединений <b>Г–Е</b> Структура димера <b>К<sub>2</sub></b>	по 1 баллу по 0,5 балла 2 балла (всего 10,5 б.)
2	Написанные уравнения реакций 1)–4) <i>Не уравненные реакции или реакции с неверными побочными продуктами оцениваются в 0 баллов</i>	по 1 баллу (всего 4 б.)
3	Данный метод можно назвать <b>перегонка</b> , <b>дистилляция</b> и <b>ректификация</b>	по 0,5 балла (всего 1,5 б.)
4	Газ <b>В</b> применялся в качестве хладагента (рабочий газ в холодильниках, фреон и другие синонимичные ответы). Бензоат кальция <b>Ж</b> , как и другие производные бензойной кислоты является консервантом и используется в пищевой промышленности.	по 1 баллу (всего 2 б.)
5	Эти свойства объясняются сопряжением, благодаря которому происходит делокализация положительного заряда при гидролизе и неспаренного электрона в свободном радикале. <i>Баллы начисляются по упоминанию сопряжения или делокализации.</i>	2 балла

**Всего 20 баллов**