

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

Задача 1.

Так как из раствора кристаллизуется только KCl, масса NaCl и воды до и после охлаждения должна быть одинаковой, исходя из чего можно найти массу маточного раствора, приняв массу изначального горячего раствора, например, за 100 граммов.

$$16,9 \cdot 100 = 18,8 \cdot x, \text{ откуда } x = 89,9 \text{ (г)}$$

Масса раствора теряется только за счет KCl, следовательно его выделилось 10,1 г, что соответствует $10,1 : 0,236 = 42,8 \text{ (г)}$ сильвинита. Именно столько породы надо добавить к маточному раствору, чтобы вернуть систему в исходное состояние при горячем выщелачивании. Тогда на 1 г породы приходится $89,9 : 42,8 = 2,1 \text{ (г)}$ маточного раствора, аналогичные значения в тоннах.

При расчете содержания хлорида калия в продукте надо учесть аликвотирование (1/10), а также, что количество вещества осадка в два раза меньше количества вещества KCl.

$$\omega = (0,2815 \cdot 74,55 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 100\%) : (454,16 \cdot 0,9527) = 97\%$$

№	Содержание ответа	
1	Для извлечения KCl из тонны породы нужно 2,1 тонны маточного раствора. <i>Баллы засчитываются только за конечный ответ</i>	4 балла
2	При использовании большего количества маточного раствора он не насытится хлоридом калия при выщелачивании, значит будет насыщаться дополнительным хлоридом натрия, который попадет в осадок при охлаждении. <i>Балл засчитывается по упоминанию загрязнения продукта хлоридом натрия. Потеря продукта из-за большего количества растворителя – неправильный ответ.</i> При использовании меньшего количества маточного раствора не весь хлорид калия сможет раствориться, часть его будет отброшена с другими ненужными компонентами.	по 2 балла (всего 4 б.)
3	$\omega \text{ (KCl)} = 97\%$ <i>Баллы засчитываются только за конечный ответ</i>	4 балла
4	Основная примесь, хлорид натрия, будет также образовывать осадок хлорида серебра и исказить ответ	2 балла
5	Азотная кислота, необходимая для синтеза нитратов, получается каталитическим окислением аммиака, поэтому фиксация её в виде соли аммония не будет требовать дополнительного сырья.	2 балла

Всего 16 баллов

Задача 2.

По большому содержанию элемента **X** в соединении **Б** можно предположить, что второй элемент в нем водород, особенно учитывая, что получается оно под действием серной кислоты. Тогда молярная масса его будет равна $20 \cdot n(\text{F})$, что хорошо согласуется с фтороводородом. Для других соединений с большим вкладом фтора можно рассчитать остаточную молярную массу в пересчете на один атом фтора и прийти к верным формулам. Наибольшую проблему составляет формула соединения **В**. Для её расшифровки необходимо предположить, что при взаимодействии фторида с фтороводородом может образоваться кислая соль с анионом HF_2^- , который хорошо стабилизируется водородной связью сильно дефицитного атома водорода и относительного основного аниона фтора. Формула $\text{Ca}(\text{HF}_2)_2$, однако, не соответствует массовой доле фтора, тогда надо дополнительно предположить, что из водного раствора соль может кристаллизоваться в виде кристаллогидрата. Количество молекул воды подбирается до совпадения массовой доли фтора.

Вещество	А	Б	В		Г
Формула	CaF_2	HF	$\text{Ca}(\text{HF}_2)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$		Na_3AlF_6
Вещество	Д	Е	Ж	З	И
Формула	H_2SiF_6	K_2SiF_6	MgSiF_6	SiF_4	MgF_2

Уравнения реакций:

- $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2 \text{HF}$
- $\text{CaF}_2 + 2 \text{HF} + 6 \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HF}_2)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- $12 \text{HF} + 6 \text{NaOH} + \text{Al}_2\text{O}_3 = 2 \text{Na}_3\text{AlF}_6 + 9 \text{H}_2\text{O}$
- $3 \text{CaF}_2 + \text{SiO}_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{SiF}_6 + 3 \text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{SiF}_6 + 2 \text{KCl} = \text{K}_2\text{SiF}_6 + 2 \text{HCl}$
- $\text{H}_2\text{SiF}_6 + \text{Mg} = \text{MgSiF}_6 + \text{H}_2$
- $\text{MgSiF}_6 = \text{MgF}_2 + \text{SiF}_4$

№	Содержание ответа	
1	Формулы соединений А,Б,Г–И Формула соединения В	по 1 баллу 3 балла (всего 11 б.)
2	Уравнения реакций 1-7	по 1 баллу (всего 7 б.)
3	Соединение А – флюорит или плавиковый шпат Соединение Г – криолит	по 1 баллу (всего 2 б.)
4	Более сильные межмолекулярные взаимодействия у Б в ряду галогеноводородов обеспечивает самая прочная водородная связь, что связано как с наибольшей полярностью связи, так и с наибольшей плотностью заряда на атоме фтора из-за малого размера.	1 балл

Всего 21 балл

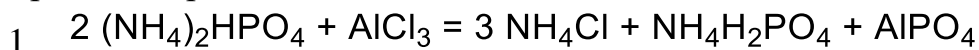
Задача 3.

Наблюдаемые эффекты:

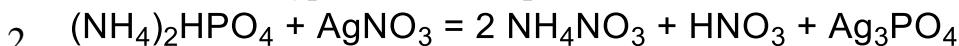
Предполагая эффекты, важно помнить о возможности совместного гидролиза солей. Так как эффекты парные, можно заполнить таблицу сверху или снизу от диагонали.

Реагенты	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	AlCl_3	NaHCO_3	AgNO_3	FeSO_4
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$		белый ↓	–	желтый ↓	коричн. ↓
AlCl_3	белый ↓		бесцв. ↑	белый ↓	–
NaHCO_3	–	бесцв. ↑		бесцв. ↑ и белый ↓	бесцв. ↑ и зелено- коричн. ↓
AgNO_3	желтый ↓	белый ↓	бесцв. ↑ и белый ↓		белый ↓
FeSO_4	коричн. ↓	–	зелено- коричн. ↓	белый ↓	

Уравнения реакций:



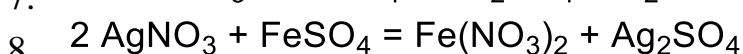
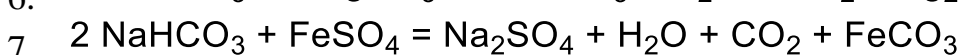
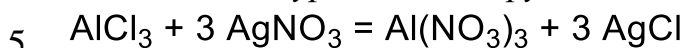
допускается написание уравнения с образованием HCl



за написание уравнения с образованием H_2SO_4 ставится 0,5 балла



допускается написание уравнения с другой степенью гидролиза



№	Содержание ответа	
1	Каждый верно указанный эффект или указание на его отсутствие <i>Учитывается только в одном месте (сверху или снизу от диагонали)</i>	по 0,5 балла (всего 5 б.)
2	Уравнения реакций 1-8 <i>Если уравнение не уравнено, ставится 0,5 балла</i>	по 1,5 балла (всего 12 б.)
3	Уравнение реакции 9	2 балла

Всего 19 баллов

Задача 4.

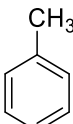
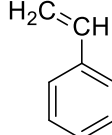
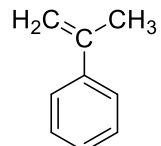
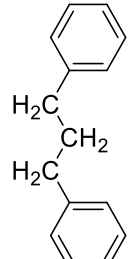
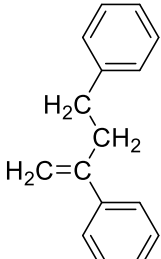
№	Содержание ответа	Число баллов
1	<p>Реакция взаимодействия угарного газа с парами воды происходит следующим образом:</p> $CO_{(г)} + H_2O_{(г)} \rightleftharpoons CO_{2(г)} + H_{2(г)}$ <p>Наиболее ценным продуктом данной реакции является водород. Водород находит широкое применение в химической промышленности (синтез аммиака и метанола, получение металлов из оксидов), топлива в топливных элементах и пр.</p>	<p>1 балл (за формулу реакции)</p> <p>1 балл</p>
2	<p>Изменение энтальпии при протекании реакции можно определить как разницу между суммой энтальпий образования продуктов реакций из исходных веществ и суммой энтальпий образования исходных реагентов из исходных веществ с учетом коэффициентов химической реакции:</p> $\Delta H_{r,298}^0 = \sum_j \Delta H_{f,298}^{0, \text{прод}} - \sum_i \Delta H_{f,298}^{0, \text{исх}}$ $\Delta H_{r,298}^0 = \Delta H_{f,298}^0(CO_{2(г)}) + \Delta H_{f,298}^0(H_{2(г)}) - \Delta H_{f,298}^0(CO_{(г)}) - \Delta H_{f,298}^0(H_2O_{(г)})$ $\Delta H_{r,298}^0 = -393.51 - 0 + 110.53 + 241.83 = -41.15 \text{ кДж/моль}$ <p>При проведении расчетов было учтено, что $\Delta H_{f,298}^0(H_{2(г)}) = 0$. Аналогично можно рассчитать и изменение энтропии при протекании реакции:</p> $\Delta S_{r,298}^0 = \sum_j S_{298}^{0, \text{прод}} - \sum_i S_{298}^{0, \text{исх}}$ $\Delta S_{r,298}^0 = S_{298}^0(CO_{2(г)}) + S_{298}^0(H_{2(г)}) - S_{298}^0(CO_{(г)}) - S_{298}^0(H_2O_{(г)})$ $\Delta S_{r,298}^0 = 213.80 + 130.68 - 197.65 - 188.83 = -42 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$	<p>1 балл (за общую формулу)</p> <p>2 балла (за верный расчет)</p> <p>1 балл (за формулу)</p> <p>2 балла (за расчет)</p>
3	<p>Определить направление протекания химической реакции можно при помощи знака изменения энергии Гиббса реакции ΔG_r^0. Данная величина связана с изменением энтальпии и энтропии реакции следующим соотношением:</p> $\Delta G_r^0 = \Delta H_r^0 - T \Delta S_r^0$	

	<p>Для $T = 298 \text{ K}$ получаем: $\Delta G_{r,298}^0 = -41150 + 42 \cdot 298 = -28634 \text{ Дж/моль}$</p> <p>Отрицательное значение изменения энергии Гиббса реакции свидетельствует о самопроизвольном протекании реакции в прямом направлении при 298 K.</p>	<p>2 балла (за расчет)</p> <p>1 балл (вывод)</p>																				
4	<p>Константу равновесия химической реакции можно записать как отношение произведения парциальных давлений продуктов реакции к произведению парциальных давлений исходных веществ в степенях, соответствующих стехиометрическим коэффициентам реакции. Для реакции взаимодействия угарного газа с парами воды константа равновесия записывается следующим образом:</p> $K = \frac{p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2)}{p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2\text{O})}$ <p>В соответствии с уравнением Менделеева – Клапейрона ($p_i = n_i RT/V$) давление газа при постоянных температуре и объеме пропорционально количеству газа. Значит, выражение для константы равновесия можно переписать следующим образом:</p> $K = \frac{n(\text{CO}_2) \cdot n(\text{H}_2)}{n(\text{CO}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})}$ <p>Для нахождения равновесных количеств участников реакции составим следующую таблицу:</p> <table border="1" data-bbox="306 1196 1321 1552"> <thead> <tr> <th>Вещество</th> <th>Начальное количество вещества, моль</th> <th>Прореагировавшее количество вещества, моль</th> <th>Равновесное количество вещества, моль</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO</td> <td>1</td> <td>x</td> <td>$1 - x$</td> </tr> <tr> <td>H_2O</td> <td>1</td> <td>x</td> <td>$1 - x$</td> </tr> <tr> <td>CO_2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>H_2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table> <p>По условию задачи прореагировало 76% угарного газа. Значит, $x = 0.76 \cdot 1 = 0.76$ моль. Имеющиеся данные позволяют рассчитать K:</p> $K = \frac{0.76 \cdot 0.76}{(1 - 0.76) \cdot (1 - 0.76)} = 10$ <p>Влияние температуры на величину константы равновесия химической реакции определяется знаком теплового эффекта химической реакции: для экзотермических реакций ($\Delta H_{r,298}^0 < 0$) увеличение температуры приводит к уменьшению величины K, а для эндотермических реакций ($\Delta H_{r,298}^0 > 0$) – к увеличению K (следствие принципа Ле-Шателье).</p>	Вещество	Начальное количество вещества, моль	Прореагировавшее количество вещества, моль	Равновесное количество вещества, моль	CO	1	x	$1 - x$	H_2O	1	x	$1 - x$	CO_2	0	0	x	H_2	0	0	x	<p>2 балла (за формулу)</p> <p>2 балла (за составление таблицы)</p> <p>2 балла (за расчет)</p>
Вещество	Начальное количество вещества, моль	Прореагировавшее количество вещества, моль	Равновесное количество вещества, моль																			
CO	1	x	$1 - x$																			
H_2O	1	x	$1 - x$																			
CO_2	0	0	x																			
H_2	0	0	x																			

Рассматриваемая в задаче реакция является экзотермической, вследствие чего повышение температуры приводит к уменьшению K .	2 балла (вывод)
Итого	19 баллов

Задача 5.

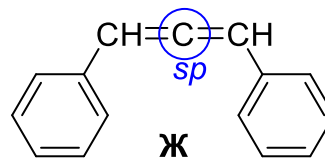
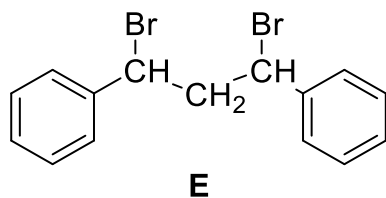
Количество бензойной кислоты равно количеству затраченного на её нейтрализацию гидроксида, то есть $\nu(\text{б.к.}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$. Исходя из этого количества можно рассчитать молярную массу неизвестных веществ в расчете на одну фенильную группу и молярную массу молекулы без учета фенильных групп. В эти остатки должно входить целое количество атомов углерода и водорода. Для соединений **А–В** получились логичные с химической точки зрения комбинации, а фрагмент соединения **Г** имеет невозможный состав. Для **Д** получен тот же результат, что и для **Б**, то есть они либо изомеры, либо имеют кратный состав. Всего два атома углерода в остатке **Б** не позволяют существовать изомерам, значит стоит предположить в первую очередь димер. Соответственно, и в **Г**, вероятнее всего, будет две фенильных группы. Выбрать из возможных вариантов структуры **В** и **Д** помогает необходимость образования кетонов при озонлизе.

	А	Б	В	Г	Д
ν (бензойной кислоты), ммоль	10,87	9,615	8,475	10,204	9,615
$M/n(\text{Ph})$	92	104	118	98	104
$M/n(\text{Ph})$ остатка без учета фенильных групп	15	27	41	21	27
Формула остатка	CH_3	C_2H_3	C_3H_5	CH_9 ($n = 1$) C_3H_6 ($n = 2$)	C_2H_3 ($n = 1$) C_4H_6 ($n = 2$)
Структурная формула					

Уравнение реакции окисления **Б**



Структуры веществ **Е** и **Ж**



№	Содержание ответа	
1	Расчет количества бензойной кислоты	по 0,5 балла (всего 2,5 б.)
2	Структуры веществ А–Д	по 3 балла (всего 15 б.)
3	Уравнение реакции окисления Б	2 балла
4	При подкислении выделяется углекислый газ	0,5 балла
5	Структуры веществ Е и Ж	по 2 балла (всего 4 б.)
6	Верное указание <i>sp</i> -гибридного атома	1 балл

Всего 25 баллов

Максимум за все задания – **100 баллов**