Критерии и методика оценивания заданий муниципального этапа ВсОШ по химии 2025/2026 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.

$16{,}9 \cdot 100 = 18{,}8 \cdot x$, откуда $x = 89.9$ (*г*)

Масса раствора теряется только за счет KCl, следовательно его выделилось 10,1 *г*, что соответствует 10,1:0,236 = 42,8 (*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 (*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. *Баллы засчитываются только за конечный ответ*	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. *Балл засчитывается по упоминанию загрязнения продукта хлоридом натрия. Потеря продукта из-за большего количества растворителя – неправильный ответ.* 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	ω (KCl) = 97% *Баллы засчитываются только за конечный ответ*	4 балла
4	Основная примесь, хлорид натрия, будет также образовывать осадок хлорида серебра и искажать 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·n(F), что хорошо согласуется с фтороводородом. Для других соединений с больши́м 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 $Ca(HF_2)_2$, 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	$Ca(HF_2)_2 \cdot 6H_2O$		Na_3AlF_6
Вещество	**Д**	**Е**	**Ж**	**З**	**И**
Формула	H_2SiF_6	K_2SiF_6	$MgSiF_6$	SiF_4	MgF_2

Уравнения реакций:

1. $CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2\ HF$
2. $CaF_2 + 2\ HF + 6\ H_2O = Ca(HF_2)_2 \cdot 6H_2O$
3. $12\ HF + 6\ NaOH + Al_2O_3 = 2\ Na_3AlF_6 + 9\ H_2O$
4. $3\ CaF_2 + SiO_2 + 3\ H_2SO_4 = H_2SiF_6 + 3\ CaSO_4 + 2\ H_2O$
5. $H_2SiF_6 + 2\ KCl = K_2SiF_6 + 2\ HCl$
6. $H_2SiF_6 + Mg = MgSiF_6 + H_2$
7. $MgSiF_6 = MgF_2 + SiF_4$

№	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	$(NH_4)_2HPO_4$	$AlCl_3$	$NaHCO_3$	$AgNO_3$	$FeSO_4$
$(NH_4)_2HPO_4$		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:

1. $2\ (NH_4)_2HPO_4 + AlCl_3 = 3\ NH_4Cl + NH_4H_2PO_4 + AlPO_4$

допускается написание уравнения с образованием HCl

2. $(NH_4)_2HPO_4 + AgNO_3 = 2\ NH_4NO_3 + HNO_3 + Ag_3PO_4$
3. $2\ (NH_4)_2HPO_4 + 3\ FeSO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2\ NH_4HSO_4 + Fe_3(PO_4)_2$

за написание уравнения с образованием H_2SO_4 ставится 0,5 балла

4. $AlCl_3 + NaHCO_3 = Al(OH)Cl_2 + NaCl + CO_2$

допускается написание уравнения с другой степенью гидролиза

5. $AlCl_3 + 3\ AgNO_3 = Al(NO_3)_3 + 3\ AgCl$
6. $2\ NaHCO_3 + 2\ AgNO_3 = 2\ NaNO_3 + H_2O + CO_2 + Ag_2CO_3$
7. $2\ NaHCO_3 + FeSO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2 + FeCO_3$
8. $2\ AgNO_3 + FeSO_4 = Fe(NO_3)_2 + Ag_2SO_4$
9. $Fe(NO_3)_2 + AgNO_3 = Fe(NO_3)_3 + Ag$

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

Всего 19 баллов

Задача 4.

№	Содержание ответа	Число баллов
1	Реакция взаимодействия угарного газа с парами воды происходит следующим образом: $$CO_{(г)} + H_2O_{(г)} \rightleftarrows CO_{2(г)} + H_{2(г)}$$ 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.	**1 балл** (за формулу реакции) **1 балл**
2	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: $$\Delta H^0_{r,298} = \sum_j \Delta H^{0,\text{прод}}_{f,298} - \sum_i \Delta H^{0,\text{исх}}_{f,298}$$ $$\Delta H^0_{r,298} = \Delta H^0_{f,298}(CO_{2(г)}) + \Delta H^0_{f,298}(H_{2(г)}) - \Delta H^0_{f,298}(CO_{(г)}) - \Delta H^0_{f,298}(H_2O_{(г)})$$ $$\Delta H^0_{r,298} = -393.51 - 0 + 110.53 + 241.83 = -41.15 \text{ кДж/моль}$$ При проведении расчетов было учтено, что $\Delta H^0_{f,298}(H_{2(г)}) = 0$. Аналогично можно рассчитать и изменение энтропии при протекании реакции: $$\Delta S^0_{r,298} = \sum_j S^{0,\text{прод}}_{298} - \sum_i S^{0,\text{исх}}_{298}$$ $$\Delta S^0_{r,298} = S^0_{298}(CO_{2(г)}) + S^0_{298}(H_{2(г)}) - S^0_{298}(CO_{(г)}) - S^0_{298}(H_2O_{(г)})$$ $$\Delta S^0_{r,298} = 213.80 + 130.68 - 197.65 - 188.83 = -42 \text{ Дж/(моль} \cdot K)$$	**1 балл** (за общую формулу**)** **2 балла** (за верный расчет) **1 балл** (за формулу) **2 балла** (за расчет)
3	Определить направление протекания химической реакции можно при помощи знака изменения энергии Гиббса реакции ΔG^0_r. Данная величина связана с изменением энтальпии и энтропии реакции следующим соотношением: $$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\Delta S^0_r$$	

	Для T = 298 K получаем: $\Delta G^0_{r,298} = -41150 + 42 * 298 = -28634$ Дж/моль Отрицательное значение изменения энергии Гиббса реакции свидетельствует о самопроизвольном протекании реакции в прямом направлении при 298 K.	**2 балла** (за расчет) **1 балл** (вывод)
4	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: $$K = \frac{p(CO_2) \cdot p(H_2)}{p(CO) \cdot p(H_2O)}$$ 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: $$K = \frac{n(CO_2) \cdot n(H_2)}{n(CO) \cdot n(H_2O)}$$ Для нахождения равновесных количеств участников реакции составим следующую таблицу:	**2 балла** (за формулу)

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*

2 балла (за составление таблицы)

По условию задачи прореагировало 76 % угарного газа. Значит, $x = 0.76 \cdot 1 = 0.76$ моль. Имеющиеся данные позволяют рассчитать K:

$$K = \frac{0.76 \cdot 0.76}{(1 - 0.76) \cdot (1 - 0.76)} = 10$$

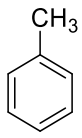
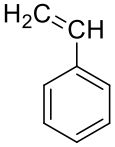
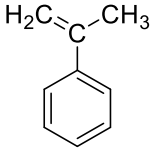
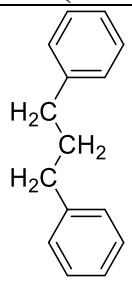
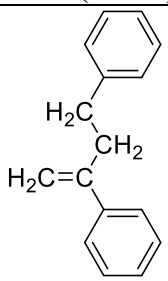
2 балла (за расчет)

Влияние температуры на величину константы равновесия химической реакции определяется знаком теплового эффекта химической реакции: для экзотермических реакций ($\Delta H^0_{r,298} < 0$) увеличение температуры приводит к уменьшению величины K, а для эндотермических реакций ($\Delta H^0_{r,298} > 0$) – к увеличению K (следствие принципа Ле-Шателье).

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

Задача 5.

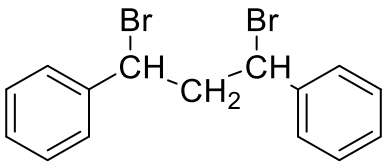
Количество бензойной кислоты равно количеству затраченного на её нейтрализацию гидроксида, то есть ν(б.к.) = c(NaOH)·V(NaOH). Исходя из этого количества можно рассчитать молярную массу неизвестных веществ в расчете на одну фенильную группу и молярную массу молекулы без учета фенильных групп. В эти остатки 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 озонолизе.

	А	**Б**	**В**	**Г**	**Д**
ν (бензойной кислоты), ммоль	10,87	9,615	8,475	10,204	9,615
M/n(Ph)	92	104	118	98	104
M/n(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					

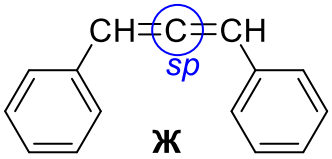
Уравнение реакции окисления **Б**

$$3\ C_6H_5{-}CH{=}CH_2 + 10\ KMnO_4 = 3\ C_6H_5COOK + 3\ K_2CO_3 + 10\ MnO_2 + KOH + 4\ H_2O$$

Структуры веществ **Е** и **Ж**



Е



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 *sp*-гибридного атома	1 балл

Всего 25 баллов

Максимум за все задания – **100 баллов**