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

Комплект заданий для учащихся 10 класса

Уважаемый участник олимпиады!

Вам необходимо представить **письменные решения** пяти теоретических заданий. Максимальное время выполнения заданий теоретического тура **180 минут**. Ваш общий результат будет получен суммированием баллов за правильные ответы по каждому вопросу, **максимальная оценка – 100 баллов**.

Задания касаются разных разделов химии. Рекомендуем сначала быстро ознакомиться со всеми заданиями, и приступить к тому, которое кажется наиболее легким. Максимальная оценка за задания может служить ориентиром для распределения времени на их выполнение.

Выполнение заданий целесообразно организовать следующим образом:

- не спеша, внимательно прочитайте задание;
- выделите вопросы задания, ответы приводите четко по формулировке вопроса;
- при необходимости промежуточных расчетов, оценки предположений, воспользуйтесь черновиком;
- когда у Вас есть представление о правильном ответе, **переносите его в бланк для ответов**;
- ответ на каждую задачу приводится на отдельном листе;
- если полный ответ на вопрос отсутствует, перенесите в бланк ответов имеющиеся логические построения, в некоторых случаях они тоже могут оцениваться.

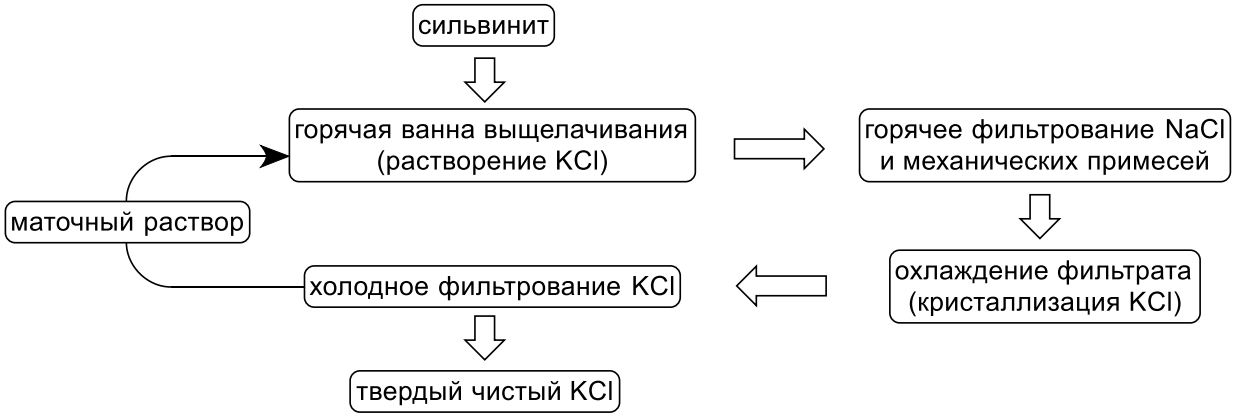
Убедитесь, что Вы перенесли Ваши ответы на задания в бланк ответов.

Предупреждаем Вас, что записи в черновике не проверяются. Корректировки в бланке ответов допустимы и не штрафуются, но конечный вариант ответа должен быть выделен явно, при оценке заданий выставляется 0 баллов как за неверное решение, так и в случае, если участником предложено несколько решений и хотя бы одно из них неверное. Задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдаете его членам жюри.

Задача 1. (16 баллов)

Минерал сильвинит представляет смесь хлорида калия и хлорида натрия. Он является одним из первичных источников калия при производстве калийных удобрений на предприятиях компании «Уралкалий» в Пермском крае. Чтобы добиться разделения компонентов пользуются тем фактом, что растворимость NaCl очень слабо зависит от температуры, в то время как KCl заметно лучше растворяется в горячей воде, чем в холодной. Принципиальная схема процесса представлена на рисунке. Сильвинит обрабатывают при нагревании маточным

раствором с предыдущего цикла (выщелачивают), происходит растворение только хлорида калия, так как хлоридом натрия раствор уже насыщен. Осадок затем отбрасывают, чистый раствор охлаждают, и из него кристаллизуется хлорид калия. Целевой продукт отфильтровывают, а маточный раствор возвращают в ванну выщелачивания.



Анализ тройной системы KCl–NaCl–H_2O показал, что при 100 °C в 100 г насыщенного по обоим компонентам раствора содержится 16,9 г NaCl и 21,6 г KCl, а при 25 °C в этой системе будет 12,8 г KCl и 18,8 г NaCl на 100 г раствора.

1. Образец сильвинита содержит 23,6 % (по массе) хлорида калия. Определите массу маточного раствора, необходимую для полного извлечения KCl, в расчете на тонну породы.

2. Какое негативное последствие для производства будет иметь использование большего, чем рассчитано, количества маточного раствора для извлечения, а какое меньшего?

Содержание основного вещества в продукте можно определить по образованию нерастворимого гексанитрокобальтата натрия-калия ($K_2Na[Co(NO_2)_6]\cdot H_2O$). Навеску просушенного хлорида калия массой 0,9527 г растворили в мерной колбе на 100 мл. Из этого раствора брали аликвоту (часть образца для отдельного исследования) 10,00 мл, добавляли избыток гексанитрокобальтата натрия, фильтровали и сушили полученный осадок. В среднем получалось 0,2815 г осадка.

3. Определите содержание (в % по массе) KCl в образце по приведенным данным. Ответ округлите до целых, в расчетах используйте точные атомные массы.

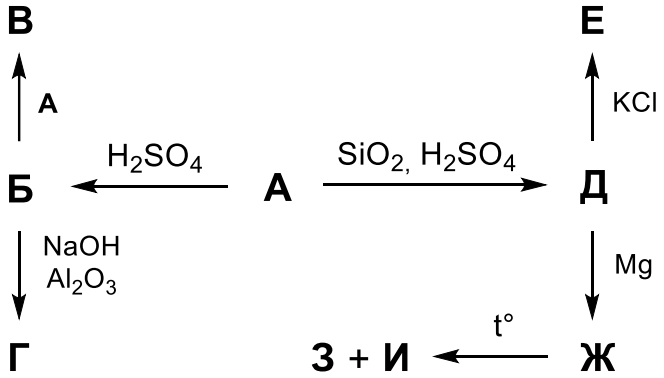
4. Почему в данном случае нельзя использовать более популярный метод определения хлорида калия по образованию осадка хлорида серебра?

Из хлорида калия можно получать другие соли схожими с описанным способами. Так, при обменном процессе с нитратом аммония получают нитрат калия, более ценное удобрение и важное соединение в пиротехнике.

5. Почему нитрат аммония зачастую является более доступным, чем нитрат калия?

Задача 2. (21 балл)

Один из очень важных для современного мира минералов получил название за свою легкоплавкость и способность облегчать плавление и текучесть шлаков, побочных продуктов в металлургии. Кроме того, данный минерал является основным сырьем для получения соединений элемента **X**. На схеме представлен ряд превращений на основе минерала **А**. Все неизвестные соединения содержат элемент **X**, массовая доля которого представлена в таблице (атомные веса округляйте до целых, кроме хлора). Соединение **А** очень плохо растворяется в воде, но растворяется в концентрированном теплом растворе **Б**, после чего при охлаждении до 0 °С кристаллизуется соединение **В**. Вещество **Г** получается при действии избытка **Б** и щелочи на оксид алюминия, имеет важное значение в одной из разновидностей металлургии и также встречается в природе в виде минерала, но более редкого, чем **А**. Соединение **Д** отгоняют из реакционной массы, содержащей избыток **А** и серной кислоты, и сразу поглощают водой. Полученный раствор имеет кислую реакцию, с хлоридом калия дает продукт **Е**, выпадающий в осадок, а с металлическим магнием – соединение **Ж**, которое при нагревании разлагается на газ **З** и нерастворимый осадок **И**.



Вещество	**А**	**Б**	**В**	**Г**	**Д**	**Е**	**Ж**	**З**	**И**
Массовая доля **X**, %	48,7	95,0	16,8	54,3	79,2	51,8	68,7	73,1	61,3

1. Напишите формулы соединений **А**–**И**.
2. Напишите уравнения всех изображенных на схеме реакций.
3. Напишите названия минералов **А** и **Г**.
4. Среди аналогичных соединений других элементов, стоящих в одной подгруппе с **X**, **А** имеет наибольшую температуру кипения. Кратко объясните этот факт.

Задача 3. (19 баллов)

Проведите мысленный эксперимент. Представьте, что у вас есть растворы гидрофосфата аммония, хлорида алюминия, гидрокарбоната натрия, нитрата серебра и сульфата железа(II) в неподписанных емкостях. Попробуйте определить в какой ёмкости находится каждое из соединений, при этом никаких других реагентов в доступе нет. Составьте таблицу, в которую внесите

наблюдаемые эффекты при смешении растворов. Приведите уравнения реакций, которые позволят вам определить каждый из растворов. В одной из комбинаций веществ вслед за выпадением одного осадка, при добавлении избытка одного из реагентов, будет выпадать другой. Напишите уравнения реакций обеих стадий.

Задача 4. (19 баллов)

Реакция взаимодействия угарного газа с парами воды является одной из важнейших реакций в химической промышленности.

1. Запишите реакцию взаимодействия угарного газа с парами воды. Приведите пример области использования наиболее ценного продукта этой реакции.
2. Используя термодинамические данные, представленные в таблице 1, рассчитайте изменение энтальпии и энтропии для реакции взаимодействия угарного газа с парами воды при 298 K. Определите, будет ли протекать самопроизвольно реакция между угарным газом и парами воды при 298 K.

Таблица 1 – термодинамические функции возможных участников реакции

Вещество	$\Delta H^0_{f,298}$, кДж/моль	S^0_{298}, Дж/(моль · K)
$CO_{(г)}$	-110.53	197.65
$CO_{2(г)}$	-393.52	213.80
$H_2O_{(г)}$	-241.83	188.83
$H_{2(г)}$	0	130.68
$O_{2(г)}$	0	205.15
$CH_{4(г)}$	-74.83	186.25

Для изучения состояния равновесия рассматриваемой реакции в реакторе постоянного объема при 400 ºС смешали 1 моль угарного газа и 1 моль воды. После установления состояния равновесия в реакторе оказалось, что в реакцию вступило 76 % первоначального количества угарного газа.

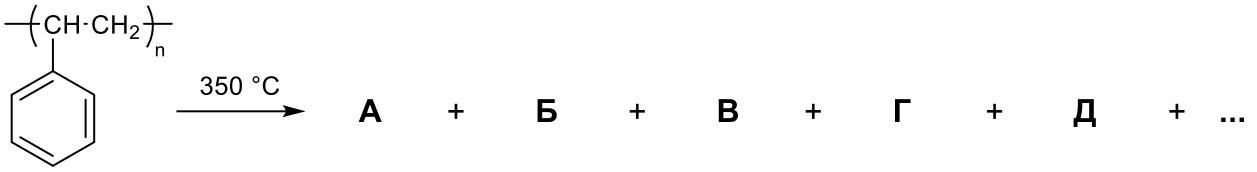
3. Рассчитайте константу равновесия K рассматриваемой реакции при 400 ºС. Как влияет повышение температуры на величину константы равновесия?

Примечание. Энтропия (S), как и энтальпия (H), являются функциями состояния. Изменение данных величин определяется лишь начальным и конечным состоянием системы. Энергия Гиббса (G) характеризует полную внутреннюю энергию системы и позволяет установить принципиальную возможность протекания химической реакции в заданных условиях. Её изменение задается уравнением $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

Задача 5. (25 баллов)

Использование пластика во многом определяет облик современного мира. Хотя всё больше внимания уделяется поиску альтернатив из возобновляемых ресурсов, полностью отказаться от искусственных полимеров в ближайшем будущем не представляется возможным. Отсюда очень остро стоит вопрос

переработки пластмасс. Одним из простых и эффективных способов является термическая деструкция полимеров до относительно низкомолекулярных полезных продуктов, при этом происходит разрыв произвольных углерод-углеродных связей и диспропорционирование образующихся свободных радикалов на насыщенные и ненасыщенные соединения. Так, при термической деструкции полистирола были получены, помимо прочего, пять жидкостей, которые разделили и изучили некоторые их свойства.



	А	**Б**	**В**	**Г**	**Д**
Протекание озонолиза	☐	✓	✓	☐	✓
Выявленная функциональная группа продукта озонолиза	–	альдегид	кетон	–	кетон
Объем раствора NaOH для нейтрализации бензойной кислоты, мл	21,74	19,23	16,95	20,41	19,23

Все жидкости были подвергнуты восстановительному озонолизу, при этом соединения **Б**, **В** и **Д** озонировались легко, а **А** и **Г** в тех же условиях не озонировались. Среди продуктов озонолиза во всех случаях был обнаружен газ с резким запахом, напоминающим прелое сено, хорошо растворимый в воде и использующийся как непищевой консервант. После удаления этого вещества с остатком проделали качественные реакции и обнаружили наличие функциональных групп, приведенных в таблице. В другом эксперименте 1,00 г каждой жидкости кипятили с избытком $KMnO_4$, после окончания реакции этот избыток удалили, отфильтровали выпавший коричневый осадок и добавили к полученному раствору соляную кислоту. При этом наблюдалось выделение газа без цвета и запаха и образование осадка бензойной кислоты, других продуктов окисления обнаружено не было. В каждом случае всю полученную бензойную кислоту нейтрализовали раствором NaOH с концентрацией 0,5 моль/л, понадобившееся количество щелочи приведено в таблице. Соединение **Г** хорошо растворяет бром, но активно реагирует с ним только при облучении светом (в отсутствии других добавок). Полученный в таких условиях дибромид **Е** обработали избытком спиртового раствора щелочи. Образовавшийся продукт **Ж** имеет в своей структуре один *sp*-гибридный атом углерода, а все остальные – sp^2-гибридные.

1. Рассчитайте количество вещества бензойной кислоты, полученной после окисления соединений **А**–**Д** перманганатом калия.
2. Изобразите структурные формулы соединений **А**–**Д**.
3. Напишите уравнение реакции окисления соединения **Б** перманганатом калия.
4. Какой газ выделялся при добавлении соляной кислоты?
5. Изобразите структурные формулы соединений **Е** и **Ж**. Укажите *sp*-гибридный атом углерода на структуре **Ж**.