

Большая олимпиада Росхим по химии и химической технологии

Решения заданий экспериментального тура заключительного этапа 2024-2025 учебный год 7-8 класс

В живописных просторах Алтайского края, среди бескрайних степей, находится уникальное природное образование – озеро Кучук. Это не просто водоём, а настоящая химическая лаборатория под открытым небом, где на протяжении тысячелетий природа создавала огромные запасы ценного минерального сырья. Особую значимость этому месту придают колоссальные залежи мирабилита – кристаллогидрата сульфата натрия, которые делают озеро стратегически важным объектом российской химической промышленности.



На берегах этого удивительного озера уже более 60 лет успешно работает предприятие АО «Кучуксульфат». Используя передовые технологии и многолетний опыт, специалисты предприятия превращают добытый из озера мирабилит в высококачественный сульфат натрия, который находит применение в самых разных отраслях – от производства стекла и моющих средств до текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности.

Вам предстоит выступить в роли инженера-химика и смоделировать производственный процесс. Технология получения сульфата натрия на предприятии «Кучуксульфат» состоит из нескольких этапов:

1. Пересохшее озеро Селитряное (садочный бассейн), на берегу которого расположено предприятие, наполняют водой из соседнего озера Кучук. При этом образуется насыщенный раствор сульфата натрия. Насыщенный раствор — это раствор, в котором растворённое вещество при данных условиях достигло максимальной концентрации и больше не

растворяется. Примесей в сырье мало, поэтому в отношении них полученный раствор является ненасыщенным.

2. При понижении температуры в осенние и зимние месяцы растворимость сульфата натрия снижается, и раствор становится пересыщенным (по отношению к сульфату натрия), поэтому сульфат натрия осаждается на дне в виде кристаллогидрата, а примеси остаются в растворе. Так реализуется разделение смеси – такой метод называется перекристаллизацией.
3. Воду откачивают обратно в озеро Кучук, а по дну озера Селитряное прокладывают временные ветки узкоколейной железной дороги.
4. В течение следующего года активно вывозят мирабилит с учётом запаса на следующий год. Вывезенное из котловины озера сырьё проходит переработку, затем товарный сульфат натрия отправляется потребителям.

Методика проведения работы:

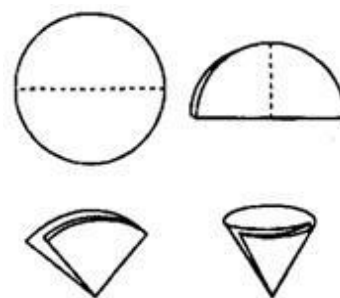
Обратите внимание: на общем столе вам выданы: весы, емкость с дистиллированной водой, емкость со льдом, спички.

Первая часть работы:

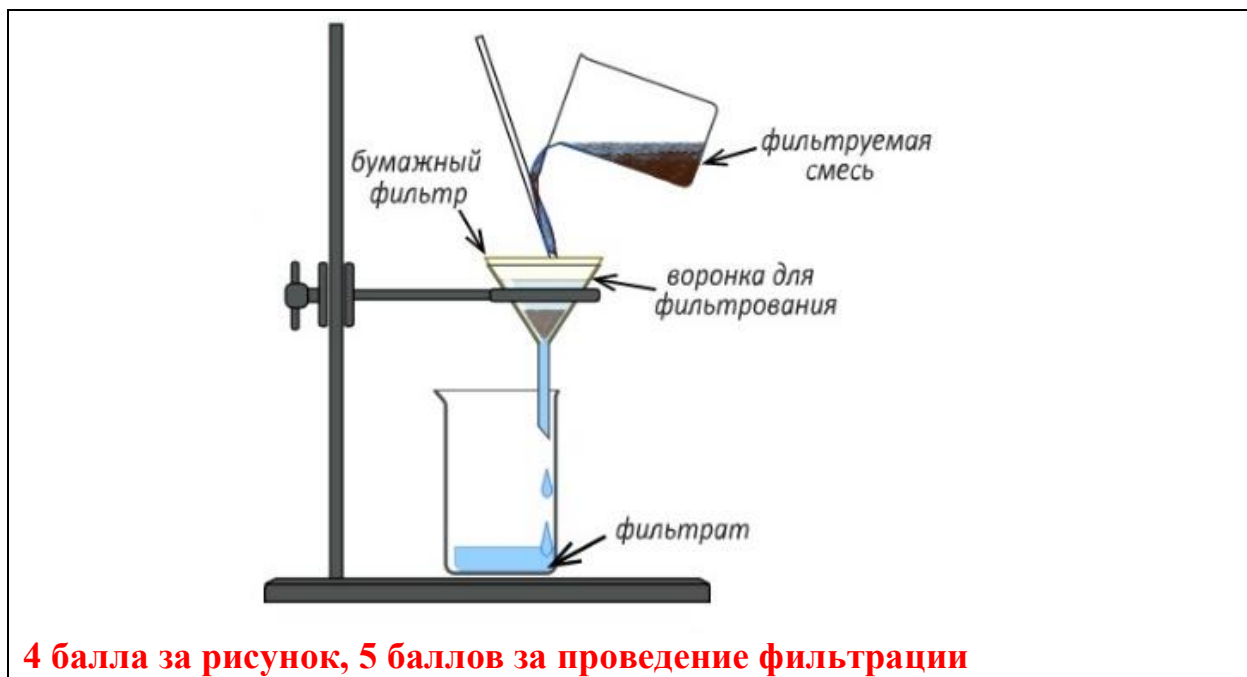
Перед вами, в стакане на 250 мл, находится моделирующий природную смесь образец – сульфат натрия, загрязненный песком и поваренной солью. Используя предоставленные реактивы и оборудование, вам необходимо отделить сульфат натрия от примесей и получить его кристаллогидрат.

1. Установите кольцо на штатив при помощи муфты. На кольцо установите выпарительную чашу. В чашу влейте небольшое количество воды (примерно в половину от объема чаши). Под кольцо поставьте спиртовку и зажгите ее. Если у вас возникнут с этим трудности, попросите у членов жюри помощи. Нагрейте воду, но не доводите до кипения!
2. Потушите спиртовку, закрыв ее колпачком. Подождите, пока чаша немного остынет, и добавляйте нагретую воду в выданную вам смесь в стакане до тех пор, пока растворимые компоненты смеси не растворятся полностью. Добавляйте воду по каплям, не вливая ее слишком большое количество сразу. Чтобы ускорить процесс растворения, используйте стеклянную палочку для перемешивания.

3. Подготовьте установку для фильтрации. Для этого необходимо установить кольцо на штатив при помощи муфты. На кольцо установите химическую воронку. Под воронку поставьте второй стакан.
4. Сложите фильтровальную бумагу так, как показано на рисунке справа, и вложите ее в воронку.



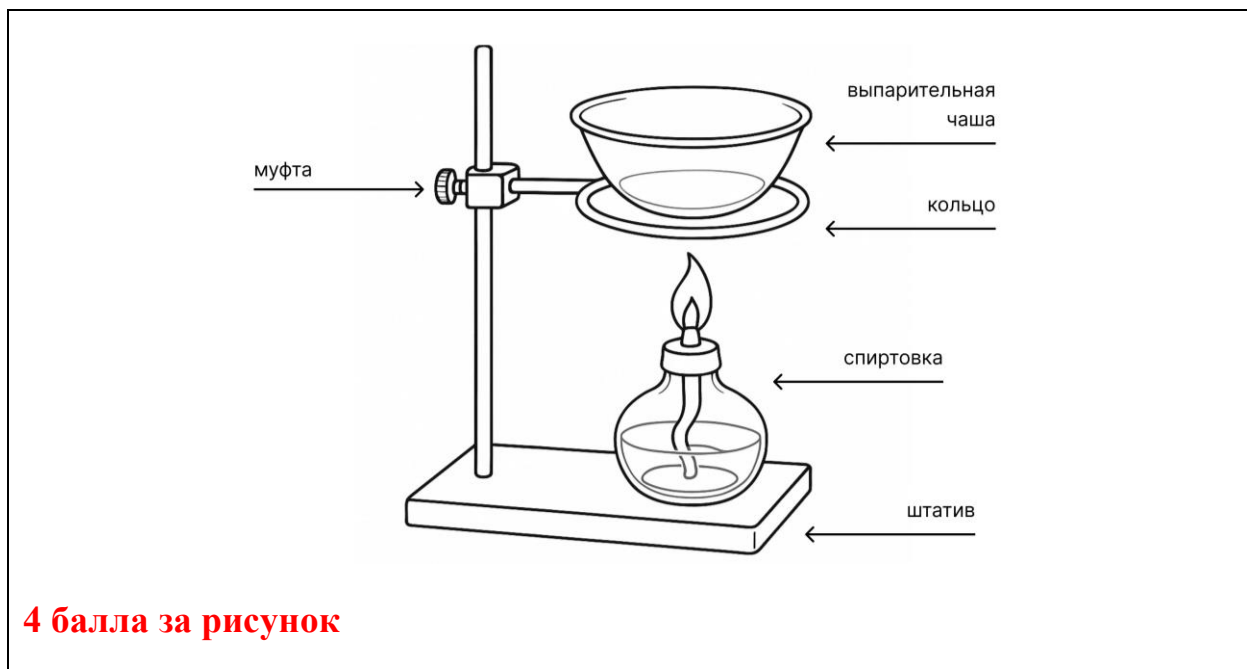
1. Схематично зарисуйте схему установки для фильтрации и подпишите каждый элемент посуды:



5. Отфильтруйте раствор от частиц песка. Все делайте аккуратно, чтобы не порвать фильтр. При необходимости повторите процедуру заново.
6. Снимите с кольца воронку. Соберите установку для упаривания. Для этого необходимо установить кольцо на штатив при помощи муфты. На кольцо установите выпарительную чашу, предварительно освободив её от жидкости. В выпарительную чашу влейте полученный ранее фильтрат. Упарите его примерно вдвое, постоянно помешивая чистой палочкой. После завершения упаривания затушите спиртовку, закрыв ее крышкой!
7. Упаренный раствор прилейте в чистый стакан и оставьте в сторону остывать. Как только раствор остынет, поместите стакан в емкость со льдом и оставьте на время до выпадения кристаллов.
8. Оставшийся после кристаллизации маточный раствор слейте во второй стакан. Выпавшие кристаллы перенесите шпателем на фильтровальную бумагу и просушите.

9. Высушенные кристаллы взвесьте на весах, массу запишите. Вымойте всю использованную посуду.

2. Схематично зарисуйте схему установки для выпаривания и подпишите каждый элемент посуды:



3. Укажите вещество, кристаллогидрат которого у вас образовался, и его массу.

m () = масса участника

5 баллов за проведение перекристаллизации

4. Для разделения каких смесей, гомогенных или гетерогенных, используется: А) фильтрация Б) перекристаллизация В) упаривание?

А) Гетерогенная 1 балл

Б) Гомогенная 1 балл

В) Гомогенная 1 балл

5. Какие еще методы разделения смесей вы знаете? Назовите не менее двух методов.

Принимаются любые адекватные ответы, например: дистилляция, экстракция, отстаивание и декантация, хроматография и тд.
по 1 баллу за ответ, 2 балла

6. При 20 °С растворимость безводного сульфата натрия составляет

19,2 г на 100 г воды, плотность раствора 1,14 г/мл, при 40 °С – 48,8 г на 100 г воды, плотность раствора 1,35 г/мл. Рассчитайте массу сульфата натрия, которую необходимо использовать для приготовления 200 мл насыщенного раствора при 40 °С. Какая масса осадка образуется при охлаждении раствора до 20 °С?

1) Расчёт массы Na_2SO_4 для приготовления 200 мл насыщенного раствора при 40 °С

Находим массу 200 мл раствора при 40 °С:

$$m_{\text{р-ра}} = V\rho = 200 \cdot 1,35 = 270 \text{ г}$$

Определяем массу Na_2SO_4 и воды в растворе:

вариант 1:

Пусть x – масса Na_2SO_4 , тогда масса воды равна $270 - x$.

Согласно условию растворимости при 40 °С:

$$\frac{x}{270 - x} = \frac{48,8}{100}$$

$$100x = 48,8 \cdot (270 - x)$$

$$148,8x = 13176$$

$$x = \frac{13176}{148,8} = 88,5$$

Таким образом, масса Na_2SO_4 : 88,5 г, масса воды: $270 - 88,5 = 181,5$ г

вариант 2:

$$m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 270 \cdot \left(\frac{48,8}{100 + 48,8} \right) = 88,5 \text{ г}$$

3 балла

2) Расчёт массы осадка при охлаждении раствора до 20 °С

В описании задания сказано, что при охлаждении выпадает осадок кристаллогидрата сульфата натрия – его состав определяется в части 2 и отвечает формуле $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Тогда если масса сульфата натрия в осадке составляет x , масса воды в осадке составляет $\frac{10M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)} \cdot x = \frac{180}{142}x = 1,268x$. Тогда из условия насыщенности

раствора с учетом предыдущего пункта составим отношение масс веществ в растворе $\frac{m_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{19,2}{100} = \frac{88,5 - x}{181,5 - 1,268x}$, откуда $x = 70,9$.

Тогда масса осадка $x + 1,268x = 160,8$ г

(Указанный расчет оценивается в **3 балла**. Если участник не учитывает образование кристаллогидрата и принимает образование безводной соли, но в остальном расчет верен, расчет оценивается в **2 балла**:

Определяем, сколько Na_2SO_4 может раствориться при 20 °С в 181,4 г воды: $m_{\text{растворенного}} = \frac{19,2 \cdot 181,4}{100} = 34,8$ г

Масса осадка: изначально в растворе было 88,6 г Na_2SO_4 , при 20 °С остаётся растворённым 34,8 г. $m_{\text{осадка}} = 88,6 - 34,8 = 53,8$ г)

Масса сульфата натрия для растворения **88,5 г**

Масса осадка **160,8 г / 53,8 г**

Вторая часть работы:

1. В пластиковом контейнере вам выдана чистая навеска кристаллогидрата сульфата натрия. Взвесьте ее на весах, массу запишите.

m_1 = масса участника

2. Всю навеску количественно перенесите в чашу для выпаривания. Заново подожгите спиртовку.
3. Постоянно перемешивая вещество палочкой, прокалите кристаллогидрат до получения безводной соли. Потушите спиртовку и вытащите её из-под чаши, дайте чаше остыть на воздухе.
4. Соберите соль с чаши шпателем и взвесьте на весах, массу запишите. Вымойте использованную посуду.

m_2 = масса участника

5 баллов за проведение разложения

5. На основании полученных данных рассчитайте массовую долю воды в изначальном кристаллогидрате сульфата натрия.

Расчет массовой доли проводится по этим формулам:

$$m_{H_2O} = m_1 - m_2, \omega(H_2O) = \frac{m_{H_2O}}{m_1} \cdot 100 \%$$

2 балла

7. Рассчитайте, какое количество молекул воды приходится на одну формульную молекулу сульфата натрия в составе кристаллогидрата. Запишите все расчеты и итоговую формулу выданного вам кристаллогидрата.

Если состав кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$,

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4}, \text{ МОЛЬ} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{Na}_2\text{SO}_4}} = \frac{m_{2,\Gamma}}{142}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}}, \text{ МОЛЬ} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{m_{1,\Gamma} - m_{2,\Gamma}}{18}$$

$$x = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}$$

4 балла (оценивается корректность расчета независимо от полученного участником результата; формула без расчета оценивается половиной баллов)

Формула кристаллогидрата: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Система оценивания:

Теоретическая часть

- | | |
|--|----------|
| 1. Схема установки фильтрации | 4 балла |
| 2. Схема установки упаривания | 4 балла |
| 3. Указание типа разделяемой смеси для каждого метода <i>по 1 баллу</i> | 3 балла |
| 4. Примеры методов разделения смесей <i>по 1 баллу</i> | 2 балла |
| 5. Масса сульфата натрия для приготовления насыщенного раствора <i>3 балла</i>
Масса осадка при охлаждении <i>3 балла</i> | 6 баллов |
| 6. Расчет массовой доли воды | 2 балла |
| 7. Расчет числа молекул воды в кристаллогидрате | 4 балла |

Экспериментальная часть

- | | |
|----------------------------------|----------|
| 8. Проведение фильтрации | 5 баллов |
| 9. Проведение перекристаллизации | 5 баллов |
| 10. Проведение дегидратации | 5 баллов |

ИТОГО 40 баллов