

## Задания экспериментального тура

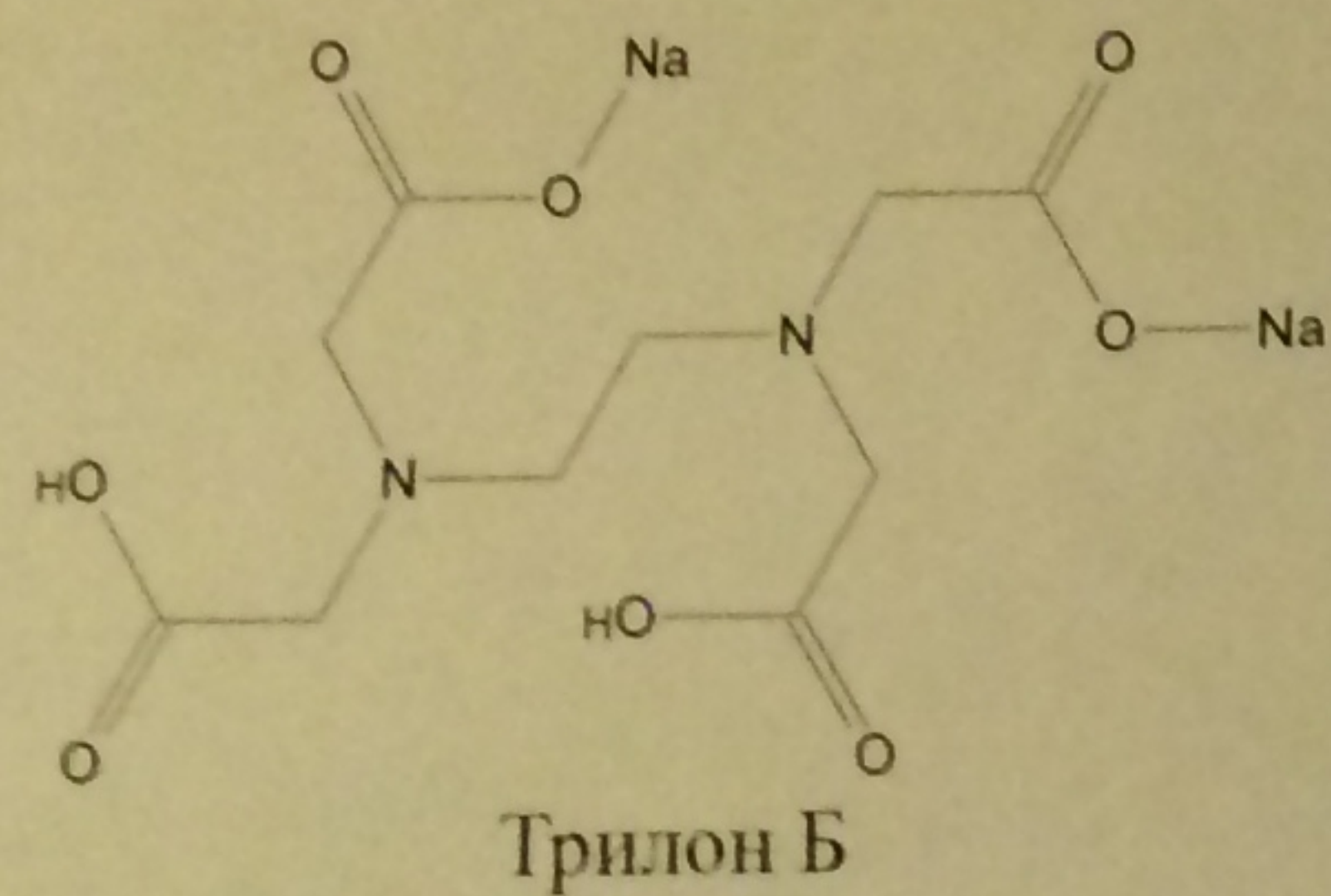
### Девятый класс



Минерал карналлит, названный в честь немецкого горного инженера Рудольфа фон Карналла, имеет важное практическое значение. В России находится одно из крупнейших мировых месторождений этого минерала – Соликамское. Минерал находит применение в химической промышленности для производства калия и магния, а также в сельском хозяйстве как калийное удобрение.

Известно, что в состав карналлита входят хлориды калия и магния. Количественный состав карналлита можно определить, используя титриметрический метод анализа. Так, суммарное количество хлоридов калия и магния можно рассчитать по результатам титрования по методу Мора. Сущность метода заключается в осаждении хлорид-ионов в виде хлорида серебра при титровании стандартным раствором нитрата серебра в присутствии индикатора – хромата калия. В точке эквивалентности, когда все хлорид-ионы осаждаются, образуется хромат серебра красного цвета.

Для определения содержания ионов магния удобнее всего использовать комплексометрическое титрование. В этом методе в качестве титранта используют динатриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА или трилон Б:



( $\text{NaOOCCH}_2(\text{HOOCCH}_2)_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})(\text{CH}_2\text{COONa})$ ), которая с катионами большинства металлов, кроме щелочных, дает устойчивые комплексные соединения состава 1:1. Точку эквивалентности фиксируют с помощью металлоиндикаторов, например, эриохрома черного Т. Данный индикатор также образует комплекс с ионом магния, имеющий характерную окраску, но менее устойчивый, чем комплекс магния с ЭДТА. Поэтому при

титровании высвобождается свободный индикатор, имеющий другую окраску по сравнению с индикатором, связанным в комплекс, вследствие чего в точке эквивалентности происходит изменение окраски.

Вам выдана мерная колба, содержащая образец растворенного карналлита, и методики аргентометрического и комплексометрического титрования. Внимательно ознакомьтесь с методиками и проведите количественное определение хлорида калия и хлорида магния (в граммах) в выданном Вам растворе.

Ответьте на теоретические вопросы:

1. Какие еще минералы, содержащие калий или магний, Вам известны? Приведите их названия и составы (по два минерала для каждого металла).

2. Известно, что помимо хлоридов калия и магния в состав карналлита входит гидратная вода. Пусть в Вашем распоряжении есть карналлит состава  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Предложите способ выделения чистого магния из карналлита. Опишите последовательность операций и запишите уравнения всех протекающих при этом химических реакций.

3. Норма внесения калийных минеральных удобрений под картофель составляет в среднем 120 кг на 1 га в пересчете на  $\text{K}_2\text{O}$ . Но картофель – культура, чувствительная к хлору, поэтому для него рекомендуется использовать калийные удобрения с малым содержанием хлора или без хлора, например, калимагнезию ( $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$ ).

Предложите способ превращения карналлита в сульфаты калия и магния. Рассчитайте, какую массу карналлита состава  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  необходимо взять для удобрения 1 га картофельного поля.

4. Почему комплексометрическое титрование магния проводят в среде аммиачного буфера?

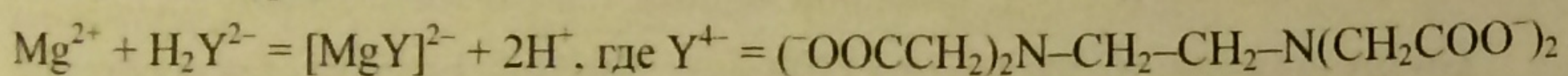
**Реактивы:** дистиллированная вода, 0,02М  $\text{AgNO}_3$ , 0,01М ЭДТА, насыщенный раствор  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , эриохром черный Т, аммиачный буфер.

**Оборудование:** Колба мерная (100 мл) с пробкой, воронка стеклянная для заполнения бюретки, колба коническая для титрования (250 мл) – 2-3 шт., пипетка (10 мл), бюретка (25 мл), мерный цилиндр (100 мл), стакан стеклянный для слива, груша для отбора растворов, шпатель, водяная баня.

### *Методика определения*

**1. Определение хлоридов по методу Мора.** Выданный Вам раствор в мерной колбе доведите до метки, закройте пробкой и тщательно перемешайте, многократно переворачивая колбу. С помощью воронки залейте в бюретку стандартный раствор нитрата серебра, заполните носик бюретки. С помощью пипетки отберите аликвоту анализируемого раствора объемом 10 мл и перенесите ее в колбу для титрования, прибавьте 3–4 капли насыщенного раствора хромата калия и титруйте при энергичном перемешивании раствора с образующимся в процессе осадком. Титрование заканчивайте, когда чисто-желтый цвет осадка приобретет красно-бурый оттенок (этот переход должен произойти от одной лишней капли титранта). Повторите аналогичную процедуру, пока не получите три результата, отличающиеся не более чем на 0,1 мл. Результаты усредните и рассчитайте суммарное содержание (в моль) хлоридов в выданном Вам растворе. Бюретку, воронку и колбу для титрования промойте водопроводной водой, затем ополосните дистиллированной водой.

**2. Определение магния методом комплексометрии.** Ополосните стенки бюретки небольшим количеством раствора ЭДТА. С помощью воронки заполните бюретку стандартным раствором ЭДТА. С помощью пипетки отберите аликвоту анализируемого раствора объемом 10 мл и перенесите ее в колбу для титрования, добавьте 70–80 мл дистиллированной воды и нагрейте до 60–70°C на водяной бане. К нагретому раствору прибавьте 5 мл аммиачного буфера и на кончике шпателя индикатор эриохром черный Т до образования винно-красной окраски. Титруйте раствор стандартным раствором ЭДТА до перехода окраски из винно-красной в синюю. Повторите аналогичную процедуру, пока не получите три результата, отличающиеся не более чем на 0,1 мл. Результаты усредните и рассчитайте содержание хлорида магния (в граммах) в выданном Вам растворе, если реакция протекает в соответствии со следующим уравнением:



С учетом результатов, полученных при использовании метода Мора, рассчитайте содержание хлорида калия (в граммах) в выданном растворе.