

## Титровальное танго

### Баллы

13 баллов										
Вопрос	Титрование 1	Титрование 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	Всего
Очки	30	40	5	4	4	2	1	2	2	<b>90</b>
Результат										

### Введение

Исторически железо добывалось и перерабатывалось в 19 швейцарских кантонах, удовлетворяя местные и региональные потребности. Доказательства такой деятельности имеются, в частности, в швейцарском горном массиве Юра. Для эффективного производства железа и стали важно знать состав железной руды. Универсальным методом определения металлов в растворе является комплексометрическое титрование, впервые предложенное профессором Герольдом Шварценбахом в ETH в 1940-х.

Вам выдан образец, содержащий только гидраты  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{CaCl}_2$ , растворенные в водном  $\text{HCl}$ . Он моделирует образец железной руды, который был растворен в соляной кислоте. **Ваша задача - определить концентрацию железа и общий состав образца с помощью комплексометрических титрований.**

Любые жидкие отходы в этом задании могут содержать тяжелые металлы и должны сливаться в стакан с этикеткой "Waste P2".

### Порядок выполнения

#### Часть I. Разбавление образца неизвестной железной руды

- Вам выдан образец, содержащий около 1200 мг модельной железной руды. Точная масса записана на этикетке вашего пузырька. **Запишите** ее в ваш **лист ответов**. Образец уже был растворен в водной  $\text{HCl}$  с pH 1.
- Приготовьте** 100 мл раствора образца в мерной колбе объемом 100 мл, используя всё содержимое пузырька с этикеткой "**Sample + [код участника]**" и дистиллированную воду. Вы можете использовать воронку. Полученный раствор называется **A** и будет использоваться при выполнении части II и части IV.

## Часть II. Прямое титрование раствора железной руды

3. **Заполните** бюретку 10,0 мМ раствором ЭДТА из ёмкости с этикеткой "EDTA". Вы можете использовать воронку и стакан.
4. В коническую колбу объемом 300 мл:
  - **Добавьте** 5,00 мл раствора **A**, используя мерную пипетку;
  - **Добавьте** 10 капель 0,1 М соляной кислоты, используя стеклянную пипетку Пастера;
  - **Доведите** раствор в конической колбе дистиллированной водой до отметки 100 мл;
  - **Добавьте** небольшое количество вариамин синего, используя шпатель.
5. **Титруйте** содержимое конической колбы до тех пор, пока окраска раствора не станет желтой. **Запишите** в ваш лист ответов объем титранта  $V_1$ , затраченный на титрование.
6. **Вылейте** оттитрованное содержимое конической колбы в стакан с этикеткой "Waste P2"
7. **Повторите** титрование (пункты 3–6) необходимое количество раз.
8. **Запишите** ваш конечный результат в последнюю строку в листе ответов.

## Часть III. Приготовление стандартного раствора.

9. Вам выдан образец чистого дигидрата хлорида кальция ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) массой около 550 мг. Точная масса записана на этикетке вашего пузырька. **Запишите** ее в таблицу в вашем листе ответов.
10. **Приготовьте** 250 мл раствора хлорида кальция в мерной колбе объемом 250 мл, используя весь образец твердого ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ( $M = 147,0$  г/моль) и дистиллированную воду. Вам может понадобиться воронка, чтобы пересыпать твердое вещество. Полученный раствор называется **B**. Он будет использоваться в части IV.

## Часть IV. Обратное титрование раствора железной руды

11. **Слейте** раствор из бюретки. Тщательно **промойте** бюретку дистиллированной водой и потом раствором **B**. Вы можете использовать стакан. **Выливайте** жидкость при промывании в стакан с этикеткой "Waste P2".
12. **Заполните** бюретку раствором **B**. Вы можете использовать воронку и стакан.

13. В коническую колбу объемом 300 мл **добавьте**:

- 5,00 мл раствора **A**, используя мерную пипетку;
- 40,0 мл раствора 10,0 мМ ЭДТА из ёмкости с этикеткой "**EDTA**", используя мерную пипетку;
- 10 капель буферного раствора, используя стеклянную пипетку Пастера (**будьте осторожны** при открывании буферного раствора, из-за присутствующих паров аммиака);
- 25 мл дистиллированной воды, используя мерный цилиндр;
- 30 мл этанола, используя мерный цилиндр.

Ваш образец может быть мутным.

14. В коническую колбу объемом 300 мл **добавьте** небольшое количество Эриохрома черного Т из пузырька с этикеткой "**Erio T**". Ваш образец должен приобрести интенсивную сине-зеленую окраску. **Немедленно** после добавления индикатора проведите титрование.

**Пояснение:** После добавления индикатора цвет раствора изменится на красный через несколько минут независимо от процесса титрования. В этом случае определить конечную точку титрования станет уже невозможно.

15. **Титруйте** содержимое конической колбы до тех пор, пока цвет раствора не изменится на серый. **Запишите** объем титранта  $V_2$ , затраченный на титрование. Предполагается, что этот объем должен быть меньше 15 мл.

16. **Вылейте** оттитрованное содержимое конической колбы в стакан с этикеткой "**Waste P2**".

17. **Повторите** титрование (пункты 12-16) необходимое количество раз.

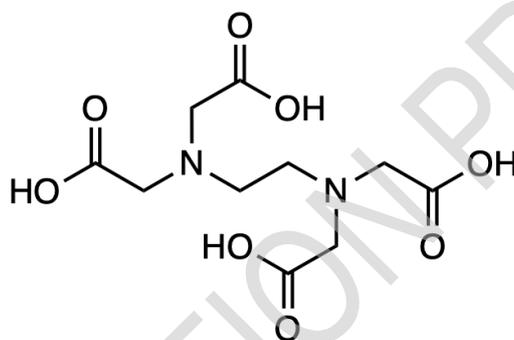
18. **Запишите** ваш конечный результат в последнюю строку в **листе ответов**.

<b>Titr.1</b>	30pt
---------------	------

<b>Titr.2</b>	40pt
---------------	------

## Вопросы

- 2.1** **Приведите** химическую формулу комплекса с ЭДТА, образующегося при прямом титровании до точки эквивалентности. Структура ЭДТА приведена ниже. В вашей химической формуле обозначьте ЭДТА как " $H_4Y$ ", его сопряженные основания как " $H_3Y^-$ ", " $H_2Y^{2-}$ " и т.д. Подсказка: В данных условиях только один из ионов металлов в растворе образует комплекс с ЭДТА.



Структура ЭДТА ( $H_4Y$ )

- 2.2** **Рассчитайте** массовую долю хлорида железа(III) (без кристаллизационной воды), в wt.% (масс.%), в выданном образце. Молярная масса  $FeCl_3$  составляет 162.2 г/моль. 4pt
- 2.3** **Рассчитайте** массовую долю хлорида кальция (без кристаллизационной воды), в wt.% (масс.%), в выданном образце. Молярная масса  $CaCl_2$  составляет 111.0 г/моль. 4pt
- 2.4** **Рассчитайте** массовую долю кристаллизационной воды, в wt.% (масс.%), в выданном образце. 2pt
- 2.5** Почему необходимо поддерживать значение pH раствора образца **A** ниже 2 (pH < 2)? 1pt
- Выберите** верный ответ среди четырех предложенных в листе ответов и **поставьте** галочку в соответствующем квадрате.

- 2.6** Выданный вам раствор моделирует железную руду, растворенную в концентрированной HCl. Какие из следующих смесей могут быть проанализированы этим же метод? 2pt

**Выберите** верный ответ среди четырех предложенных в листе ответов и **поставьте** галочку в соответствующем квадратике.

- 2.7** Почему в образце при обратном титровании происходит изменение цвета раствора с синего на красный, независимо от того, на какой стадии находится процесс титрования? 2pt

**Выберите** верный ответ среди четырех предложенных в листе ответов и **поставьте** галочку в соответствующем квадратике.

DELEGATION PRINT