

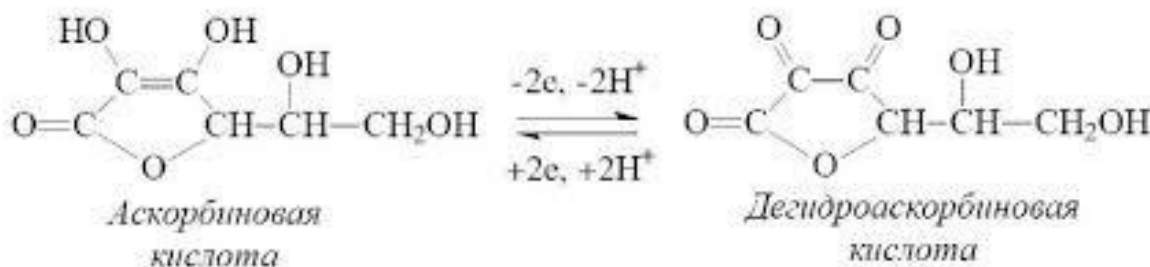
Всероссийская олимпиада школьников 2025-2026 учебный год
Муниципальный этап
Химия
11 класс

Экспериментальный тур
Продолжительность – 180 минут
Максимальный балл – 30

Ключи, критерии оценивания заданий

Задание.

Аскорбиновая кислота с сахаром – это биологически активная добавка (БАД) для профилактики дефицита витамина С и поддержки иммунитета, в состав которой входят аскорбиновая кислота и сахар (глюкоза/сахароза). Аскорбиновая кислота проявляет антиоксидантные свойства, являясь сильным восстановителем. При окислении аскорбиновой кислоты в кислой среде умеренно сильными окислителями образуется дегидроаскорбиновая кислота.



Пользуясь предложенной методикой, реактивами и оборудованием, определите содержание кислоты в массовых процентах в выданной навеске, содержащей кроме кислоты сахарозу.

Напишите уравнения реакций:

1. протекающих при установлении точной концентрации тиосульфата натрия (2 уравнения);
2. кислоты с окислителем.

Результаты титрования оформите в виде таблицы в первом и во втором опытах.

№ п/п	Концентрация $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, моль/л	Объем пробы, мл	Объем $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование	Средний объем $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, мл	Точная концентрация определяемого вещества, моль/л
1					
2					
3					

Реактивы: 0,05М раствор $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; 0,025М раствор I_2 ; 0,01М раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; 2М раствор H_2SO_4 ; $\text{KI}_{\text{тв.}}$; 1%-ный раствор крахмала.

Оборудование: мерная колба на 100 мл; конические колбы для титрования на 100 мл и 250мл; бюретка на 25 см³; пипетки Мора на 10 мл и 20 мл, воронка для заполнения бюретки; часовые стекла (или пробки).

30 баллов

Выполнение эксперимента

1. Определение точной концентрации тиосульфата натрия

10 мл раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ переносят в колбу для титрования, добавляют 10 мл 2М раствора H_2SO_4 , примерно 1г KI , закрывают пробкой и оставляют на 5-10 минут (желательно в тёмном месте). Выделившийся йод титруют раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до появления бледно-жёлтой окраски, затем добавляют примерно 1мл крахмала и дотитровывают раствор до появления светло-зелёной окраски. Титрование повторяют 3 раза.

2. Определение массовой доли аскорбиновой кислоты

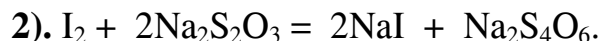
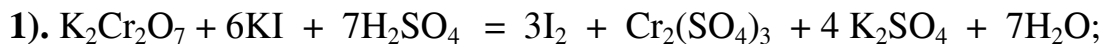
Раствор в мерной колбе, содержащий аскорбиновую кислоту и сахарозу, доводят до метки дистиллированной водой и перемешивают.

10 мл полученного раствора переносят в колбу для титрования, подкисляют 10 мл 2М раствора H_2SO_4 и вводят 20 мл раствора йода, закрывают пробкой и оставляют на 5 минут. Затем титруют раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до бледно-жёлтой окраски, добавляют 1 мл крахмала и

дотитровывают до исчезновения синего окрашивания раствора. Титрование повторяют 3 раза.

Решение.

1. Уравнения реакций, протекающих при стандартизации раствора $K_2Cr_2O_7$:



Из уравнений реакций следует, что

$$n(Na_2S_2O_3) = 2n(I_2);$$

$$n(I_2) = 3n(K_2Cr_2O_7);$$

$$n(Na_2S_2O_3) = 6n(K_2Cr_2O_7).$$

Следовательно, $C(Na_2S_2O_3) \cdot V(Na_2S_2O_3) = 6 C(K_2Cr_2O_7) \cdot V(K_2Cr_2O_7)$

$$C(Na_2S_2O_3) = 6 \cdot \frac{C(K_2Cr_2O_7) \cdot V(K_2Cr_2O_7)}{V(Na_2S_2O_3)}, \text{ моль/л,}$$

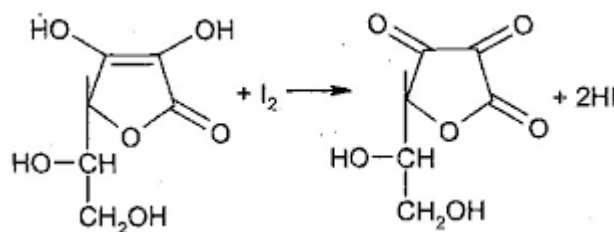
где $C(Na_2S_2O_3)$ – концентрация раствора тиосульфата натрия, моль/л;

$C(K_2Cr_2O_7)$ – концентрация раствора дихромата калия, моль/л;

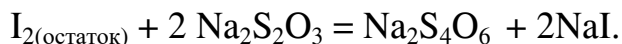
$V(K_2Cr_2O_7)$ – объем раствора дихромата калия, взятый для титрования, мл;

$V(Na_2S_2O_3)$ – объем раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование, мл.

3). Реакция аскорбиновой кислоты с йодом



Избыток (остаток) йода реагирует с тиосульфатом натрия:



Количество аскорбиновой кислоты в смеси определяют по уравнению:

$$n(C_6H_8O_6) = n(I_2)_{(\text{реак})} = n(I_2)_{(\text{исх})} - n(I_2)_{(\text{ост})} =$$

$$= n(I_2)_{(исх)} - 1/2 n(Na_2S_2O_3).$$

Расчёт производят по формуле:

$$\omega(C_6H_8O_6) = \frac{[C(I_2) \cdot V(I_2) - \frac{1}{2} C(Na_2S_2O_3) \cdot V(Na_2S_2O_3)] \cdot 10^{-3} \cdot M(C_6H_8O_6) \cdot V_k}{m \cdot V_{\Pi}} \cdot 100\%,$$

$C(I_2)$ – концентрация раствора йода, моль/л;

$V(I_2)$ – объем раствора йода, добавленный к титруемому раствору, мл

$C(Na_2S_2O_3)$ – концентрация раствора тиосульфата натрия, моль/л;

$V(Na_2S_2O_3)$ – объем раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование, мл;

V_k – объём мерной колбы с раствором аскорбиновой кислоты, 100 мл;

V_{Π} – объём пробы, 10 мл;

10^{-3} – коэффициент пересчёта мл в л.

$M(C_6H_8O_6)$ – молярная масса аскорбиновой кислоты, г/моль;

m – масса навески смеси, г.

Масса выданной навески Вам известна.

Система оценивания:

1	Уравнение реакции 1.	2 б.
2	Уравнение реакции 2	1 б.
3	Уравнение реакции 3	1 б.
4	Таблица 1, сходимость результатов: $\Delta V \leq 0,1$ – 8б.; $\Delta V \leq 0,2$ – 7б.; $\Delta V \leq 0,3$ – 6б.; $\Delta V \leq 0,4$ – 5б.; $\Delta V \leq 0,5$ – 4б.; $\Delta V > 0,5$ – 0б.	8 б.
5	Формула для расчёта концентрации $Na_2S_2O_3$	3 б.
6	Таблица 2, сходимость результатов: $\Delta V \leq 0,1$ – 8б.; $\Delta V \leq 0,2$ – 7б.; $\Delta V \leq 0,3$ – 6б.; $\Delta V \leq 0,4$ – 5б.; $\Delta V \leq 0,5$ – 4б.; $\Delta V > 0,5$ – 0б.	8 б.
7	Формула для расчёта массовой доли аскорбиновой кислоты	5 б.
8	Погрешность определения массовой доли кислоты (<10%)	2 б.