

**Демонстрационный вариант заданий для практической части  
предпрофессионального экзамена в рамках проекта  
«Академический (научно-технологический)  
класс в московской школе»  
на площадке  
РОССИЙСКОГО ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА  
им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА**

**Направление практической части:** ХИМИЯ

**Направление подготовки:** ХИМИЯ

**Задание:**

**Определить концентрации ионов  $\text{OH}^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  в контрольном растворе.**

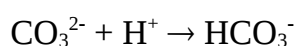
Используемые реактивы: стандартный раствор хлороводородной кислоты (концентрация раствора указывается на рабочем месте), спиртовые растворы индикаторов фенолфталеина и метилового оранжевого, вода дистиллированная.

Используемое оборудование: стеклянная бюретка с шариком (объем 25,00 мл), пипетка Мора (объем 10,00 мл), мерная колба (объем 100,0 мл), конические колбы для титрования (объем 100 мл) - 3 шт.

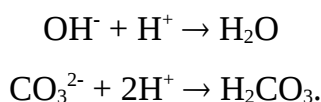
**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ**

Определение основано на параллельном титровании раствора, содержащего смесь ионов  $\text{OH}^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ , соляной кислотой в присутствии индикаторов фенолфталеина и метилового оранжевого.

При титровании в присутствии фенолфталеина (интервал pH перехода окраски 8,2 - 9,8) протекают реакции:



А при титровании в присутствии метилового оранжевого (интервал рН перехода окраски 3,1 - 4,4):



### Методика определения

Находящийся на рабочем месте в мерной колбе контрольный раствор доводят до метки холодной дистиллированной водой и тщательно перемешивают (не менее 25 раз).

В коническую колбу объемом 100 мл пипеткой Мора отбирают 10,00 мл приготовленного раствора, добавляют 1-2 капли индикатора фенолфталеина и титруют стандартным раствором соляной кислоты до полного обесцвечивания раствора. Последние капли соляной кислоты добавляют медленно, перемешивая раствор. По бюретке измеряют объем израсходованного титранта ( $V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}$ ). Результаты титрования заносят в таблицу 1 с точностью до сотых долей мл. Повторяют титрование в присутствии фенолфталеина еще 3 раза и полученные результаты фиксируют в таблице 1.

Затем проводят титрование в присутствии метилового оранжевого. Для этого пипеткой Мора отбирают в коническую колбу 10,00 мл контрольного раствора, добавляют 1-2 капли индикатора метилового оранжевого и титруют до перехода окраски раствора из желтой в оранжевую. Измеряют объем израсходованного титранта ( $V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}$ ) и заносят полученные результаты в таблицу 1 с точностью до сотых долей мл. Титрование в присутствии метилового оранжевого повторяют еще 3 раза. Результаты титрования фиксируют в таблице 1.

Таблица 1

Результаты титрования контрольного раствора  
раствором соляной кислоты

Объем анализируемого раствора	Объем соляной кислоты в присутствии фенолфталеина	Объем соляной кислоты в присутствии метилового оранжевого
$V(\text{анализир. р-ра}), \text{мл}$	$V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}, \text{мл}$	$V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}, \text{мл}$
10,00		

По результатам титрования, рассчитывают средние значения объемов

$V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}}$  и  $V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}_{\text{среднее}}$  по формулам:

$$V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i(\text{HCl})_{\text{ф.ф.}}}{n_{\text{ф.ф.}}}$$

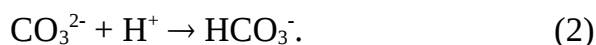
$$V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}_{\text{среднее}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i(\text{HCl})_{\text{м.о.}}}{n_{\text{м.о.}}},$$

где  $n$  – количество сходящихся результатов при титровании с тем или другим индикатором. (За сходящиеся принимают результаты, если в экспериментальной выборке разброс между крайними результатами составляет не более 0,1 мл). Если количество сходящихся результатов составляет менее 3-х, то проводят дополнительное титрование.

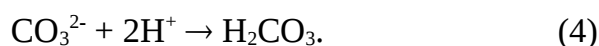
### Расчет результатов анализа

#### 1. Расчет концентрации карбонат-ионов в контрольном растворе.

Объем соляной кислоты  $V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}}$  соответствует количеству  $\text{HCl}$ , требующемуся на протекание реакций:



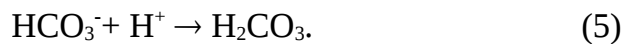
А объем соляной кислоты  $V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}_{\text{среднее}}$  соответствует количеству  $\text{HCl}$ , затраченному на реакции:



Согласно приведенным уравнениям, разность объемов

$$\Delta V(\text{HCl}) = V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}_{\text{среднее}} - V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}}$$

соответствует переходу :



Количество соляной кислоты, требующееся на реакцию 5, **равно** количеству соляной кислоты, которое требуется на превращение карбонат-иона в гидрокарбонат-ион по реакции 2.

Согласно уравнению реакции 2:

$$n(\text{CO}_3^{2-}) = n(\text{HCl})_2,$$

где  $n(\text{HCl})_2$  – количество соляной кислоты, затраченное на реакцию 2.

Количество соляной кислоты  $n(\text{HCl})_2$  можно выразить:

$$n(\text{HCl})_2 = \frac{c(\text{HCl})\Delta V(\text{HCl})}{1000},$$

где  $c(\text{HCl})$  – молярная концентрация соляной кислоты.

В формулу  $\Delta V(\text{HCl})$  подставляют в мл!

Тогда молярная концентрация карбонат-ионов в контрольном растворе будет рассчитываться по формуле:

$$c(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{n(\text{HCl})_2}{0,01},$$

где 0,01 л – объем пробы, взятый на титрование (10,00 мл). Результат расчета представляют с точностью до четырех значащих цифр.

## 2. Расчет концентрации $\text{OH}^-$ -ионов в контрольном растворе.

Объем  $V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}}$  соответствует количеству соляной кислоты, требующейся на протекание одновременно реакций 1 и 2. Как было показано в п.1, разность объемов  $\Delta V(\text{HCl}) = V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}_{\text{среднее}} - V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}}$  соответствует количеству кислоты, затраченному на реакцию 2. Следовательно, разность объемов  $V(\text{HCl})_{\text{OH}} = V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}} - \Delta V(\text{HCl}) = 2 V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}} - V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}_{\text{среднее}}$  будет соответствовать количеству соляной кислоты, требующемуся на проведение реакции 1.

Согласно уравнению реакции 1:

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{HCl})_1,$$

где  $n(\text{HCl})_1$  – количество соляной кислоты, затраченное на реакцию 1.

Количество соляной кислоты  $n(\text{HCl})_1$  можно выразить:

$$n(\text{HCl})_1 = \frac{c(\text{HCl})V(\text{HCl})_{\text{OH}}}{1000}.$$

Тогда молярная концентрация гидроксид-ионов в контрольном растворе будет рассчитываться по формуле:

$$c(\text{OH}^-) = \frac{n(\text{HCl})_1}{0,01},$$

где 0,01 л – объем пробы, взятый на титрование (10,00 мл). Результат расчета представляют с точностью до четырех значащих цифр.

3. Результаты расчета приводят в протоколе анализа.

# Протокол анализа контрольного раствора

Вариант № \_\_\_\_\_

Результаты титрования контрольного раствора  
раствором соляной кислоты

Объем анализируемого раствора $V(\text{анализир. р-ра}), \text{мл}$	Объем соляной кислоты в присутствии фенолфталеина $V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}, \text{мл}$	Объем соляной кислоты в присутствии метилового оранжевого $V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}, \text{мл}$
10,00		
10,00		
10,00		
10,00		
10,00		
10,00		
10,00		
10,00		
10,00		

$$V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}}{n_{\text{ф.ф.}}} =$$

$$V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}_{\text{среднее}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i(\text{HCl})^{\text{м.о.}}}{n_{\text{м.о.}}} =$$

Расчет концентрации карбонат-ионов в контрольном растворе:

$$\Delta V(\text{HCl}) = V(\text{HCl})^{\text{м.о.}}_{\text{среднее}} - V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}} =$$

Количество соляной кислоты, затраченное на реакцию 2:

$$n(\text{HCl})_2 = \frac{c(\text{HCl})\Delta V(\text{HCl})}{1000} =$$

$$c(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{n(\text{HCl})_2}{0,01} =$$

Расчет концентрации гидроксид-ионов в контрольном растворе:

$$V(\text{HCl})_{\text{OH}} = V(\text{HCl})^{\text{ф.ф.}}_{\text{среднее}} - \Delta V(\text{HCl}) =$$

Количество соляной кислоты, затраченное на реакцию 1:

$$n(\text{HCl})_1 = \frac{c(\text{HCl})V(\text{HCl})_{\text{OH}}}{1000} =$$

$$c(\text{OH}^-) = \frac{n(\text{HCl})_1}{0,01} =$$

Критерии оценивания

№ п/п	Критерии оценивания	Баллы
1	Получение 2-х результатов анализа ( $c(\text{OH}^-)$ и $c(\text{CO}_3^{2-})$ ) с заданной точностью по сравнению с контрольным значением:	Макс. 40,0
а	Погрешность одного из полученных результатов не превышает 2%	20,0
б	Погрешность одного из полученных результатов составляет от 2 до 5 %	16,0
в	Погрешность одного из полученных результатов составляет от 5 до 10 %	12,0
г	Погрешность одного из полученных результатов составляет от 10 % до 20%	10,0
д	Погрешность одного из полученных результатов составляет более 20 %	7,0
2	Навыки работы с лабораторным оборудованием и химическими реактивами	5,0
3	Техника выполнения эксперимента	5,0
4	Расчет результатов анализа	5,0
5	Оформление протокола анализа	5,0
<b>Итого:</b>		<b>60,0</b>

**Тематическое содержание практической части  
предпрофессионального экзамена для учащихся Академических  
(научно-технологических) классов на базе РХТУ имени Д.И. Менделеева  
Направление практической части экзамена: Химия**

1. Химический анализ и его значение для химика-исследователя. Метод и методика химического анализа. Основные характеристики современных методов химического анализа (чувствительность, предел обнаружения, многоэлементность, экспрессность).
2. Инструментальные и химические методы анализа. Современные методы качественного и количественного химического анализа. Физические и физико-химические принципы, лежащие в основе этих методов.
3. Качественный химический анализ. Основные признаки химических реакций, используемые для идентификации ионов в растворе. Техника проведения качественных

химических реакций (капельный и микрокристаллоскопический способы выполнения качественных реакций).

4. Титрование как метод количественного анализа. Общие принципы титриметрии. Стандартные растворы, использующиеся в титриметрическом анализе. Способы их приготовления:
  - а) приготовление стандартного раствора из раствора, имеющего более высокую концентрацию;
  - б) приготовление раствора путем растворения взвешенной навески стандартного вещества. Количественное перенесение навески.
5. Способы определения момента окончания реакции: а) индикаторные и б) безындикаторные.

Кислотно-основные индикаторы. Интервал рН изменения окраски кислотно-основных индикаторов.
6. Способы выражения концентраций растворов титрантов. Молярная концентрация и титр раствора. Эквивалентная концентрация. Расчет факторов эквивалентности веществ, участвующих в кислотно-основных и окислительно-восстановительных взаимодействиях.
7. Выполнение расчетов результатов титриметрического анализа на основании уравнений химических реакций, протекающих в ходе титрования.
8. Обменные реакции в водных растворах. Кислотно-основные взаимодействия. Сильные и слабые кислоты и основания. Расчет рН сильных и слабых кислот и оснований. Альтернативный путь протекания обменных реакций в растворе.
9. Титранты, использующиеся в окислительно-восстановительном титровании. Перманганатометрия. Приготовление и хранение раствора перманганата калия. Использование перманганатометрии для количественного анализа восстановителей, окислителей и веществ, не обладающих окислительно-восстановительными свойствами.