

**Спецификация конкурсных материалов для проведения практического этапа  
Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный  
мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный класс» по химико-  
технологическому направлению**

### **1. Назначение конкурсных материалов**

Материалы *практического* этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) предназначены для оценки уровня *практической* подготовки участников Конкурса.

### **2. Условия проведения**

*Практический* этап Конкурса проводится в *очной форме на базе РТУ МИРЭА*. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса.

### **3. Продолжительность выполнения**

На выполнение заданий практического этапа Конкурса отводится 90 минут.

### **4. Содержание и структура**

Задания практического этапа Конкурса разработаны преподавателями образовательных организаций высшего образования, участвующих в проекте «Инженерный класс в московской школе».

Индивидуальный вариант участника выдается во время проведения практического этапа Конкурса из базы конкурсных заданий.

Индивидуальный вариант участника включает 1 кейсовое задание, базирующееся на содержании элективных курсов «Химические и физико-химические методы анализа» и «Инженерный практикум».

### **5. Система оценивания**

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Каждое задание оценивается в 10 или 20 баллов. Максимальный балл за выполнение всех заданий – 60 баллов. Для получения максимального балла за практический этап Конкурса необходимо дать верные ответы на все задания.

### **6. Приложения**

1. Обобщённый план конкурсных материалов для проведения практического этапа Конкурса.
2. Демонстрационный вариант конкурсных заданий практического этапа Конкурса.

**Обобщённый план конкурсных материалов  
для проведения практического этапа Конкурса**

<b>№ задания</b>	<b>Уровень сложности</b>	<b>Темы элективного курса «Химические и физико-химические методы анализа»</b>	<b>Контролируемые требования к проверяемым умениям</b>	<b>Балл</b>
1,2	повышенны й	Введение Основные понятия титриметрического анализа Основы качественного анализа	Освоение техники количественного анализа методом титрования.	30
3-5	повышенны й	Методы кислотно- основного титрования Методы окислительно- восстановительного титрования Методы комплексометрическог о титрования	Обработка результатов титрования. Расчет концентрации и погрешностей титрования.	30
<b>Сумма баллов:</b>				<b>60</b>

**Демонстрационный вариант практического этапа  
Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный  
мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный класс» по химико-  
технологическому направлению**

***Количественное определение содержания ионов цинка в анализируемом растворе  
методом комплексонометрического титрования***

**Формулировка задания.**

**Задание.**

Методом комплексонометрического титрования, определить молярную концентрацию и массу ионов цинка в анализируемом растворе, выданном преподавателем.

*Примечание: в случае необходимости анализируемый раствор может быть выдан повторно преподавателем только один раз.*

**Реактивы:** 0,05 М раствор трилона Б (динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, ЭДТА), раствор аммиачного буфера (рН = 10), индикатор эриохром черный Т

**Оборудование:** Бюретка 25-50 мл – 1 шт, мерная колба 100 мл, колбы Эрленмейера -100 мл – 3шт, пипетка Мора 10 мл – 1 шт, груша резиновая – 1 шт, воронка для бюретки –1 шт., мерный цилиндр 50 мл – 1 шт., шпатель для отбора индикатора – 1 шт.

**Методика определения:** Из мерной колбы на 100 мл в колбу Эрленмейера отбирают пипеткой Мора 10 мл анализируемого раствора, добавляют 20-25 мл аммиачного буферного раствора, отмеренного с помощью цилиндра, и вносят на кончике шпателя 5-6 мг индикатора эриохрома черного Т и интенсивно перемешивают содержимое колбы. Наблюдают окрашивание раствора в красно-фиолетовый цвет. Полученный раствор титруют стандартным раствором трилона Б до перехода окраски индикатора из красно-фиолетовой в синюю. Титрование осуществляют 5 раз, до получения не менее 3-х результатов, не отличающихся более чем на 0,1 мл.

**Результаты анализа отразить в виде отчета, в котором необходимо ответить на следующие вопросы:**

1. Указать результаты титрования (объем затраченного титранта для каждой пробы) в виде таблицы.
2. Вывести конечную формулу и рассчитать молярную концентрацию (моль/л) цинка в анализируемом растворе. Ответ записать с точностью до тысячных.
3. Вывести конечную расчетную формулу и рассчитать массу ионов цинка (г) в анализируемом растворе. Ответ записать с точностью до сотых.
4. Произвести расчет относительной погрешности по нижеприведенной формуле  $\delta = (m_{\text{эксп}} - m_{\text{контр}}) / m_{\text{контр}} \cdot 100\%$ , где  $m_{\text{контр}}$  – масса в анализируемой контрольной пробе, полученная у преподавателя после расчета  $m_{\text{эксп}}$
5. Теоретически описать химические процессы, протекающие при комплексонометрическом титровании.

## Критерии оценивания

Критерии оценивания	Баллы
<b>1.</b> Работа в соответствии правилами техники безопасности и эксплуатации лабораторной посуды: Правильная техника работы с бюреткой Правильная техника работы с аналитической пипеткой (отбор аликвотной части) Правильная техника проведения процедуры титрования	<b>20 б</b> <b>5 б</b> <b>5 б</b> <b>10 б</b>
<b>2.</b> Вывод конечной формулы (с расчетом) молярной концентрации ионов цинка в анализируемом растворе Представлена конечная формула (без вывода) и расчет Не представлена формула и отсутствует расчет	<b>10 б</b> <b>5 б</b> <b>0 б</b>
<b>3.</b> Вывод конечной формулы (с расчетом), массы ионов цинка в анализируемом растворе Представлена конечная формула (без вывода) и расчет Не представлена формула и отсутствует расчет	<b>10 б</b> <b>5 б</b> <b>0 б</b>
<b>4.</b> Представлена формула и представлен расчет относительной погрешности Представлена формула и не представлен расчет относительной погрешности Не представлена формула и не представлен расчет относительной погрешности	<b>10 б</b> <b>5 б</b> <b>0 б</b>
<b>5.</b> Подробно описаны все химические процессы, протекающие при комплексонометрическом титровании При описании химических процессов учащимся допущено ряд неточностей Химические процессы не описаны вовсе	<b>10 б</b> <b>5 б</b> <b>0 б</b>

Максимальный балл, который может получить участник за практическую часть – 60баллов.

Минимальный балл – 30 б

## Ответы и решение демонстрационного варианта

1. Результаты титрования удобно представлять в виде таблицы:

№	$V_{\text{нав}}(\text{Zn}^{2+})$ , мл	$V(\text{ЭДТА})$ , мл
1		
2		
3		
4		
5		

$V_{\text{ср.}}(\text{ЭДТА}) = \dots$ , мл

2. **Вывод конечной расчетной формулы для определения молярной концентрации (моль/л) ионов цинка в анализируемом растворе:**

$$n(\text{ЭДТА}) = n(\text{Zn}^{2+})$$

$$c(\text{ЭДТА}) \cdot V_{\text{ср.}}(\text{ЭДТА}) = c(\text{Zn}^{2+}) \cdot V_{\text{нав}}(\text{Zn}^{2+})$$

$$c(\text{Zn}^{2+}) = c(\text{ЭДТА}) \cdot V_{\text{ср.}}(\text{ЭДТА}) / V_{\text{нав}}(\text{Zn}^{2+})$$

3. **Вывод конечной расчетной формулы для определения массы ионов цинка в анализируемом растворе**

$$n(\text{ЭДТА}) = n(\text{Zn}^{2+})$$

$$c(\text{ЭДТА}) \cdot V_{\text{ср.}}(\text{ЭДТА}) = c(\text{Zn}^{2+}) \cdot V_{\text{нав}}(\text{Zn}^{2+})$$

$$c(\text{Zn}^{2+}) = c(\text{ЭДТА}) \cdot V_{\text{ср.}}(\text{ЭДТА}) / V_{\text{нав}}(\text{Zn}^{2+})$$

также  $c(\text{Zn}^{2+}) = n(\text{Zn}^{2+}) / V_{\text{к}}(\text{Zn}^{2+}) =$

$= m(\text{Zn}^{2+}) / M(\text{Zn}^{2+}) \cdot V_{\text{к}}(\text{Zn}^{2+})$ , следовательно,

$$m(\text{Zn}^{2+}) = \frac{c(\text{ЭДТА}) \cdot V_{\text{ср.}}(\text{ЭДТА}) \times M(\text{Zn}^{2+}) \cdot V_{\text{к}}(\text{Zn}^{2+})}{V_{\text{нав}}(\text{Zn}^{2+})}$$

где,

$n(\text{ЭДТА})$  – количество вещества ЭДТА, моль

$n(\text{Zn}^{2+})$  – количество вещества цинка в анализируемом растворе, моль

$V_{\text{ср.}}(\text{ЭДТА})$  – средний объем добавленного титранта, мл

$V_{\text{к}}$  – объем колбы, в мл

$V_{\text{пип}}$  – объем пипетки, в мл

$m(\text{Zn}^{2+})$  – масса ионов

цинка в анализируемом

растворе, в г

$M(\text{Zn}^{2+})$  – молярная масса цинка, г/моль

#### **4. Теоретическое описание химических процессов, протекающих в результате комплексометрического титрования**

При взаимодействии трилона Б с гидратом аммиака происходит депротонирование индикатора и образование комплексного соединения иона цинка с индикатором. Также происходит связывание ионов оксония с молекулами гидрата аммиака.

При взаимодействии титранта с аммиачным буферным раствором протекает реакция с образованием устойчивого при данном значении рН аниона ЭДТА. Далее протекает химическая реакция взаимодействия титранта с ионами цинка. В конечном итоге комплекс цинка с индикатором разрушается поскольку образуется более устойчивый комплекс с ЭДТА и высвобождается свободный индикатор.