

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный педагогический университет
имени Максима Танка»

Суханкина Н.В.
Генарова Т.Н.

Студента _____

Группы _____

Минск 2021

УДК [581.1]

Печатается по решению редакционно-издательского совета БГПУ,
Рекомендовано секцией естественных и сельскохозяйственных наук

Рецензенты:

Лецев С.М., доктор химических наук, профессор,
профессор кафедры аналитической химии БГУ,
Огородник В.Э., кандидат педагогических наук,
доцент кафедры химии БГПУ

Суханкина, Н. В. и др.

Б947 Современные методы получения и исследования веществ : рабочая тетрадь. В 2 ч. / Н. В. Суханкина, Т. Н. Генарова. – Минск : БГПУ, 2021. – Ч. 1. – 45 с.

ISBN 978-985-501-583-4

Пособие содержит лабораторные работы, выполняемые в разделе «Физико-химические методы анализа веществ» по темам «Потенциометрический анализ» и «Спектрофотометрический анализ». Предназначено для подготовки и выполнения лабораторных работ, а также контроля знаний студентов по учебной дисциплине «Современные методы получения и исследования веществ».

Адресуется студентам педагогических вузов, обучающихся по химико-биологическим специальностям.

УДК 581.1.

ISBN 978-985-501-583-4

© Суханкина Н.В. и др., 2021
© БГПУ, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Правила техники безопасности	5
Правила работы с микроскопом	6
Требования к оформлению работ	7
Тема 1. Физиология растительной клетки	8
Работа 1. Изучение плазмолиза и деплазмолиза в растительных клетках ...	8
Работа 2. Изучение вязкости цитоплазмы в растительных клетках	12
Работа 3. Изучение движения цитоплазмы в растительных клетках	15
Работа 4. Изучение проницаемости плазмалеммы и тонопласта	18
Работа 5. Определение водного потенциала (сосущей силы) тканей растений по изменению их размеров (метод Уршпрунга)	23
Задания для самостоятельной работы	29
Тема 2. Водный обмен растений	31
Работа 1. Изучение состояния устьичного аппарата растений	31
Работа 2. Определение интенсивности транспирации весовым методом (по Л.А. Иванову)	36
Работа 3. Значение пробки для защиты растений от потери воды	38
Задания для самостоятельной работы	42
Тема 3. Минеральное питание	44
Работа 1. Микрохимический анализ золы	44
Работа 2. Обнаружение нитратов в растениях	50
Задания для самостоятельной работы	54
Тема 4. Фотосинтез	56
Работа 1. Извлечение пигментов из листьев	56
Работа 2. Разделение пигментов листа хроматографическим методом	59
Литература	63

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие представляет собой рабочую тетрадь «Современные методы получения и исследования веществ. Часть I», которая предназначена для подготовки и выполнения лабораторных работ, а также контроля знаний студентов вузов, обучающихся по специальности 1-02 04 01 Биология и химия. Учебная дисциплина «Современные методы получения и исследования веществ» рассчитана на два семестра, в связи с чем рабочая тетрадь состоит из двух частей, каждая из которых включает лабораторные работы, предусмотренные в семестре учебной программой. В первую часть пособия включены работы по разделу «Физико-химические методы анализа веществ»: потенциметрический анализ (прямая потенциметрия и потенциметрическое титрование с использованием ионоселективных электродов) и спектрофотометрический анализ (анализ однокомпонентных и двухкомпонентных смесей).

В каждой работе указаны цель, объекты исследования, перечень реактивов и оборудования, приведен ход работы. Выполнение заданий в рабочей тетради предполагает запись результатов лабораторной работы в таблицах, графически или в виде рисунков, их анализ и формулировку выводов. Перед началом каждой работы необходимо дать определения основным понятиям по теме, в заключении раздела – выполнить предлагаемые для самостоятельной работы контрольные задания. В том случае, если отведенного в тетради места для анализа полученных результатов окажется недостаточно, советуем продолжить работу на отдельном листе и затем вклеить его к полю соответствующей страницы рабочей тетради.

Рабочая тетрадь может быть использована учащимися общеобразовательных учреждений в процессе подготовки к олимпиадам и научно-практическим конференциям по химии.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

1. К работе в лаборатории допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.
2. Для работы необходим белый халат из хлопчатобумажной ткани. Длинные волосы должны быть собраны в пучок.
3. За каждым студентом закрепляется рабочее место, которое необходимо содержать в чистоте и порядке.
4. Для выполнения лабораторных работ необходимо изучить описание конкретной работы, уяснить цель работы и методику ее выполнения, ознакомиться с описанием прибора и методикой измерений на нем.
5. В лаборатории запрещается принимать пищу, пить воду из химической посуды, работать с разбитой посудой, пользоваться реактивами из банок без этикеток.
6. Для отмеривания реактивов использовать цилиндры, мерные колбы либо пипетки с резиновой грушей.
7. Работа с опасными летучими химическими веществами осуществляется в специализированных вытяжных шкафах.
8. Реагенты, пролитые на пол или стол, надо тут же засыпать песком, а потом нейтрализовать содой или мелом после прекращения вскипания. Затем проводится уборка
9. Щелочи готовят в фарфоровой таре с широким горлом. Обязательно на поддоне с тягой. Сосуды, в которых содержатся концентрированные щелочи, закрывают пробками из резины.
10. Не оставлять без присмотра включенные приборы и оборудование.
11. После окончания работы рабочее место привести в порядок.

ТЕМА 1. ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Работа 1. Определение содержания нитрат-ионов в овощах и фруктах методом прямой потенциометрии

Цель работы. Извлечении нитратов из анализируемого материала раствором алюмокалиевых квасцов с последующим измерением их концентрации в полученной вытяжке с помощью ионоселективного электрода.

Объекты. Сельскохозяйственная плодово-овощная продукция.

Реактивы, посуда, оборудование. Нитрат калия (х.ч.). Алюмокалиевые квасцы 1 % раствор. Вода дистиллированная. Бумага фильтровальная. Колбы мерные вместимостью 50 и 1000 мл. Колбы конические плоскодонные вместимостью 250 или 100 мл. Цилиндры мерные вместимостью 50 и 100 мл. Стаканы стеклянные вместимостью 50 мл. Пипетки мерные вместимостью 15 и 5 мл. Груша резиновая. Ионномер лабораторный. Электрод вспомогательный хлорсеребряный. Электрод мембранный нитрат-селективный. Весы аналитические 2-го класса точности. Весы лабораторные технические. Мельница лабораторная электрическая (терка механическая). , мешалка магнитная, штатив.

Основные понятия

Потенциометрический анализ – _____

Индикаторный электрод – _____

Электрод сравнения – _____

Градуировочный график – _____

Стандартный раствор – _____

Схема установки для прямой потенциометрии

Выполнение работы

Подготовка пробы

Образец массой 10 г измельчают на лабораторной мельнице (при помощи механической терки).

Приготовление экстрагирующего раствора

Для приготовления раствора алюмокалиевых квасцов с массовой долей 1 % 10,0 г алюмокалиевых квасцов взвешивают с точностью до первого десятичного знака, переносят в мерную колбу вместимостью 1000 мл, растворяют в дистиллированной воде и доводят объем водой до метки.

Подготовка приборов

Подготовка к измерениям иономера и электродов производится в соответствии с инструкцией (Приложение 1). Показания прибора считывают не менее

чем через 1 мин после окончания заметного дрейфа показаний.

В промежутках между исследованиями мембранный ионоселективный электрод погружают в раствор KNO_3 с концентрацией $c(\text{NO}_3^-) = 0,0001$ моль/л. Если перерывы в работе составляют сутки и более, его хранят в растворе KNO_3 ортоокислого калия с концентрацией $c(\text{NO}_3^-) = 0,001$ моль/л. При длительных перерывах между исследованиями (более 5 суток) электрод хранят на воздухе и перед началом работы вымачивают 1-2 часа в растворе KNO_3 с концентрацией $c(\text{NO}_3^-) = 0,1$ моль/л. В обоих случаях перед началом измерений электрод промывают в дистиллированной воде не менее 3 раз.

Хлорсеребряный электрод сравнения в перерывах между исследованиями погружают в стакан с дистиллированной водой.

Приготовление стандартных растворов нитрата калия

Так как нитрат-селективный электрод реагирует на изменение активности ионов нитрата, а не концентрации, то более правильно готовить стандартные растворы KNO_3 на фоне экстрагента (1% раствор алюмокалиевых квасцов), что обеспечит постоянство ионной силы раствора.

Приготовление основного раствора азотнокислого калия концентрации $c(\text{KNO}_3) = 1$ моль/л: 101,1 г азотнокислого калия, высушенного при температуре 110–120 °С до постоянной массы, взвешивают с точностью до третьего десятичного знака, помещают в мерную колбу вместимостью 1000 мл, растворяют в экстрагирующем растворе и доводят объем до метки тем же раствором.

Растворы сравнения азотнокислого калия готовят из основного раствора азотнокислого калия в день проведения анализа, используя для разбавления раствор алюмокалиевых квасцов, который применяется для анализа. Из основного раствора нитрата калия концентрацией 1 моль/л в пяти пронумерованных колбах последовательно готовят серию калибровочных растворов концентрации 0,1 моль/л, 0,01 моль/л, 0,001 моль/л, 10^{-4} моль/л, $2 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

Приготовление калибровочного раствора нитрата калия концентрации 0,1

моль/л: 5 мл основного раствора концентрации 1 моль/л помещают в мерную колбу объемом 50 мл и доводят раствором алюмокалиевых квасцов до метки.

Приготовление калибровочного раствора нитрата калия концентрации 0,01 моль/л: 5 мл раствора концентрации 0,1 моль/л помещают в мерную колбу объемом 50 мл и доводят раствором алюмокалиевых квасцов до метки.

Приготовление калибровочного раствора нитрата калия концентрации 0,001 моль/л: 5 мл раствора концентрации 0,01 моль/л помещают в мерную колбу объемом 50 мл и доводят раствором алюмокалиевых квасцов до метки.

Приготовление калибровочного раствора нитрата калия концентрации 0,0001 моль/л: 5 мл раствора концентрации 0,001 моль/л помещают в мерную колбу объемом 50 мл и доводят раствором алюмокалиевых квасцов до метки.

Приготовление калибровочного раствора нитрата калия концентрации $2 \cdot 10^{-5}$ моль/л: 10 мл раствора концентрации 0,0001 моль/л помещают в мерную колбу объемом 50 мл и доводят раствором алюмокалиевых квасцов до метки.

Построение градуировочного графика

Измерение ЭДС (\mathcal{E} , мВ) каждого стандартного раствора проводят в порядке возрастания концентрации, начиная с раствора с меньшей концентрацией. Перед погружением электродов исследуемые пробы взбалтывают. После каждого измерения электроды ополаскивают дистиллированной водой и промокают фильтровальной бумагой. Показания прибора считывают не менее чем через 1 мин после окончания заметного дрейфа показаний. Результаты измерений заносят в таблицу 1.1. В Приложении 3 представлены относительные стандартные окислительно-восстановительные потенциалы E_0 некоторых редокс-пар.

Таблица 1.1 – Результаты измерений ЭДС стандартных растворов KNO_3

$c(NO_3^-)$, моль/л	0,1	0,01	0,001	0,0001	$2 \cdot 10^{-5}$
$pс(NO_3^-)$					
\mathcal{E} , мВ					

По данным таблицы строят градуировочный график. На оси ординат наносят значения ЭДС, на оси абсцисс – значения $p_c(\text{NO}_3^-)$.

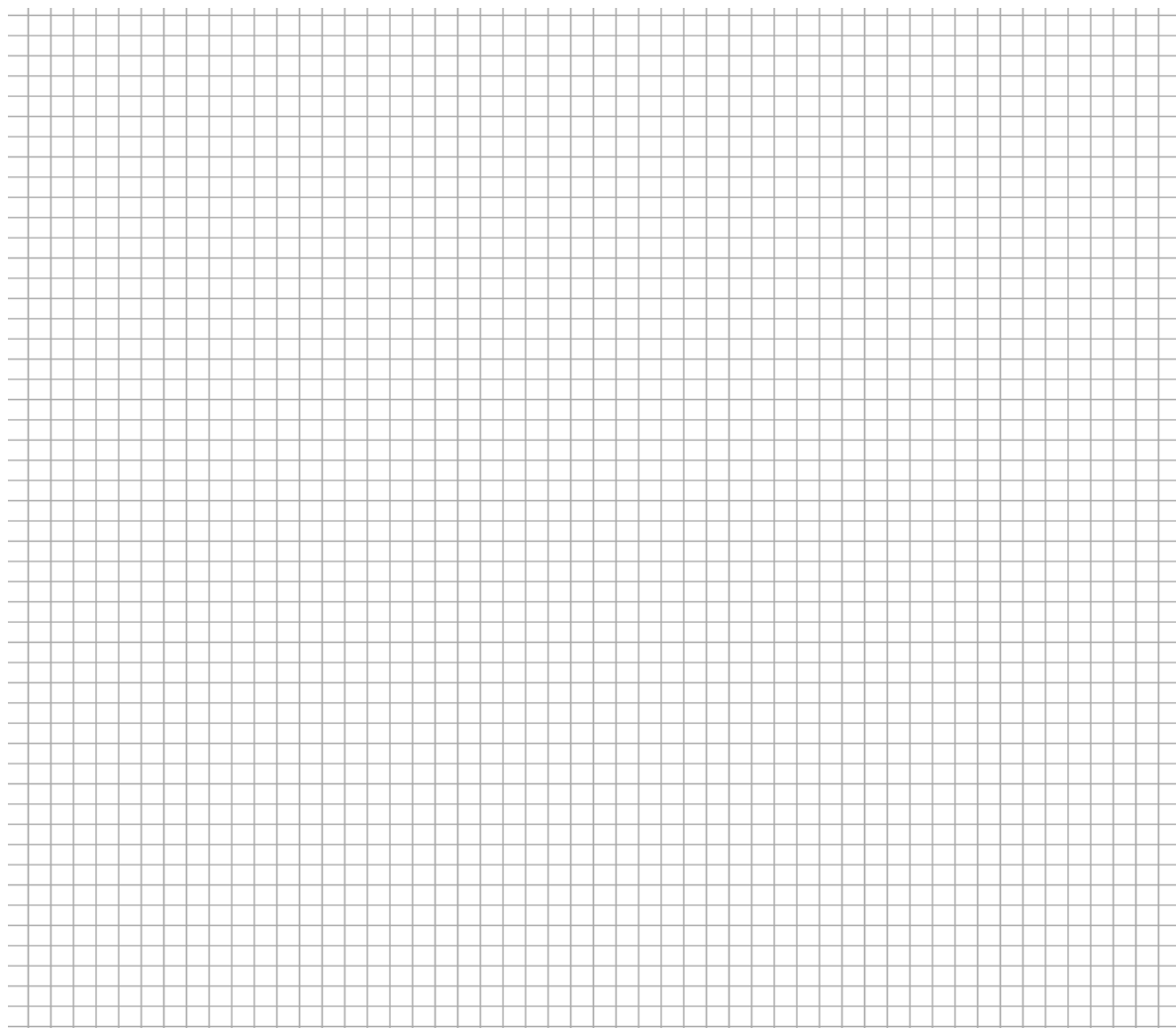


Рисунок 1.1 – Градуировочный график зависимости ЭДС от $p_c(\text{NO}_3^-)$

Приготовление экстракта пробы и определение концентрации нитрат-ионов.

($1 \pm 0,01$) г измельченного материала помещают в предварительно взвешенную технологическую емкость объемом 100 – 200 мл, взвешивают, добавляют 50 г экстрагирующего раствора, перемешивают с помощью мешалки в течение 3 мин.

В полученной суспензии измеряют ЭДС электродной пары (\mathcal{E}_x). По оси ординат градуировочного графика (рисунок 1.1) находят точку, которая соответствует данному значению ЭДС \mathcal{E}_x , проводят линию, параллельную оси абсцисс до пересечения ее с градуировочной кривой. Из точки пересечения опускают перпендикуляр на ось абсцисс. Находят $pc(NO_3^-)_x$. Результаты измерений заносят в таблицу.

Таблица 1.2 – Результаты измерений ЭДС суспензий овощей и фруктов

Образец					
m образца, г					
\mathcal{E}_x , мВ					
$pc(NO_3^-)_x$					
$X(NO_3^-)$, мг/кг					

Содержание нитратов в испытуемом материале в мг/кг вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V \cdot 10^{-pc(NO_3^-)_x} \cdot 62 \cdot 10^6}{1000 \cdot m}$$

где V – объем экстрагирующего раствора (50 мл), m – масса пробы (около 1 г).

Расчетная часть

Анализ полученных результатов

Поясните сущность прямого потенциометрического определения нитрат-ионов: _____

Опишите устройство хлорсеребряного электрода, нарисуйте его схему, запишите электрохимическую реакцию и уравнение Нернста для него:

Опишите устройство нитрат-селективного электрода, нарисуйте его схему, запишите электрохимическую реакцию и уравнение Никольского-Эйзенмана для него:

Вывод(ы)

Контрольные вопросы

1. Какие факторы способствуют накоплению нитратов растениями? Опишите метаболический цикл азота в растениях.
2. Как влияют нитраты на организм человека и каковы пути попадания нитратов в организм человека? Каковы предельно допустимые нормы нитратов для человека в продуктах питания и воде? Признаки отравления нитратами и первая помощь.
3. Потенциометрический анализ – основные принципы. Схема установки для проведения потенциометрических измерений.
4. Зачем необходим электрод сравнения? Что такое ионселективный электрод?
5. Поясните методику определения нитратов прямым потенциометрическим методом (метод градуировочного графика).
6. Пробоподготовка при определении нитратов в сельскохозяйственной продукции.

Работа №2. Определение содержания хлоридов в природных водах и соках потенциометрическим титрованием

Сущность работы. Определение содержания хлорид-ионов в анализируемом объекте проводят потенциометрическим титрованием азотнокислым серебром с ионоселективным электродом. Химизм реакции заключается в осаждении хлорид-ионов раствором нитрата серебра. Конечную точку титрования определяют по перегибу на кривой титрования, который находят графическим или расчетным методом. По ГОСТ 2874-73 содержание хлоридов в природной воде ограничивается 350 мг/л. Массовая доля добавленной поваренной соли не более 0,4% (за исключением томатного сока).

Цель работы. Определить массовую концентрацию хлорид-ионов в фруктовых (овощных) соках (природной воде) методом потенциометрического титрования и сравнить результаты с ПДК хлоридов по ГОСТ.

Объекты. Фруктовые (овощные) соки, природная вода.

Реактивы, химическая посуда, оборудование. Кислота азотная концентрированная. Серебро азотнокислое, стандартный раствор с $(\text{AgNO}_3)=0,025$ моль/л. Колбы мерные вместимостью 50 мл. Колбы конические плоскодонные вместимостью 250 или 100 мл. Цилиндры мерные вместимостью 100 мл, колба мерная, вместимостью 1000 мл, стаканы стеклянные вместимостью 150 мл, пипетки мерные 1-го класса точности вместимостью 1 и 5 мл, бюретка 2-го класса точности, вместимостью 10 мл, ценой деления 0,01 мл, груша резиновая. Иономер лабораторный. Электрод вспомогательный хлорсеребряный. Электрод мембранный хлорид-селективный с потенциалообразующей системой Ag/AgCl . Весы общего назначения 3-го класса точности. Весы лабораторные технические. Электролитический ключ. Мешалка магнитная. Штатив.

Основные понятия

Типы ионоселективных электродов – _____

Потенциометрическое титрование – _____

Осадительное титрование – _____

Титрант – _____

Схема установки для потенциометрического титрования

Подготовка приборов

Подготовка к измерениям иономера и электродов производится в соответствии с инструкцией (Приложение 1). Показания прибора считывают не менее чем через 1 мин после окончания заметного дрейфа показаний.

Проведение предварительных испытаний

В стакан вместимостью 150 мл, содержащий 50 мл воды, вносят 50 мл образца сока и 1 мл азотной кислоты. Заполняют бюретку раствором AgNO_3 , включают магнитную мешалку и начинают ориентировочное титрование, приливая из бюретки в стакан стандартный раствор нитрата серебра порциями по 0,5 мл. После каждого приливания, выждав 20–30 с, измеряют значение потенциала. Предварительное испытание используют для получения приблизительного объема титранта, соответствующего скачку титрования. Записывают показания иономера и объем в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты предварительного потенциометрического титрования

V(AgNO_3)									
\mathcal{E} , мВ									

V(AgNO_3)									
\mathcal{E} , мВ									

V(AgNO_3)									
\mathcal{E} , мВ									

Титрование до перегиба потенциометрической кривой

Обнаружив скачок титрования, повторяют определение в тех же условиях. Начинают добавление титранта с порций по 0,5 мл, затем, когда до ожидаемой конечной точки остается от 1,5 до 2 мл, затем снижают до 0,2 мл, а вблизи конечной точки титрования прибавляют титрант по 2 капли. Продолжают таким же образом титровать после конечной точки и затем увеличивают порции до 0,5 мл в симметричной зоне кривой. Записывают показания иономера и объем титранта в таблицу 2.2.

По данным, полученным в результате точного титрования, строят две кривые (рисунок 2.1): интегральную в координатах $E - V$ (рис. а) и дифференциальную в координатах $\Delta E/\Delta V - V$ (рис. б).

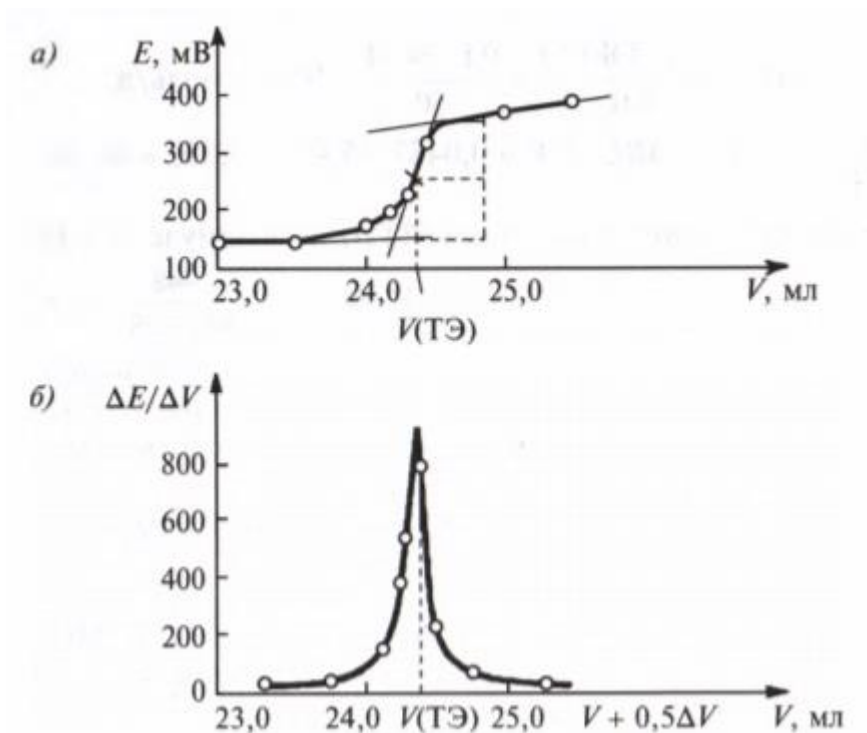


Рисунок 2.1 – Вид кривых потенциметрического титрования

Находят по ним значение объема титранта в точке стехиометричности графическим способом и проводят расчеты, как при обычном титровании. Для нахождения $V(TC)$ по интегральной кривой потенциметрического титрования проводят касательные к линейным участкам кривой, а положение ТС определяется как средняя точка между касательными (рисунок 2.2). На дифференциальной кривой по первой производной положению ТС соответствует точка пересечения экстраполированных ветвей кривых (рисунок 2.3).

Обработка результатов

Массовую концентрацию хлоридов во фруктовых и овощных соках ρ_{Cl^-} , мг/л, вы-

числяют по формуле

$$\rho = n \frac{V_0 M_c}{V_1 V_2} \cdot 10^3$$

где ρ - массовая концентрация хлоридов, n – объём стандартного раствора азотнокислого серебра, пошедшего на титрование, мл; V_0 - объём продукта после разведения, мл; M - молярная масса хлорида $M(\text{Cl}^-) = 35,45$ г/моль; c – молярная концентрация стандартного раствора азотнокислого серебра, моль/л.

V_1 – объём пробы продукта, взятый для разведения, мл, V_2 – объём продукта (разбавленного или неразбавленного), взятый на титрование, мл.

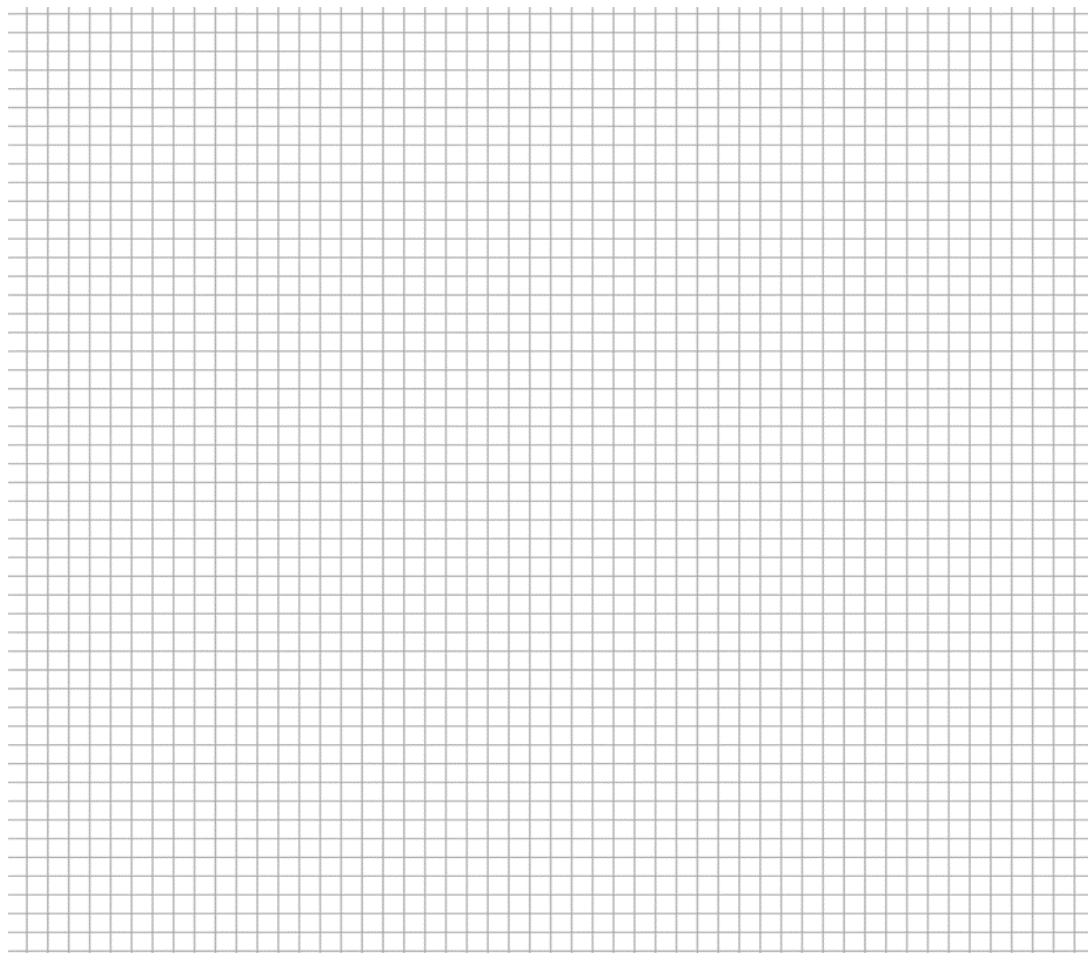


Рисунок 2.2 – Интегральная кривая титрования хлорид -ионов

Расчетная часть

Уравнение реакции:

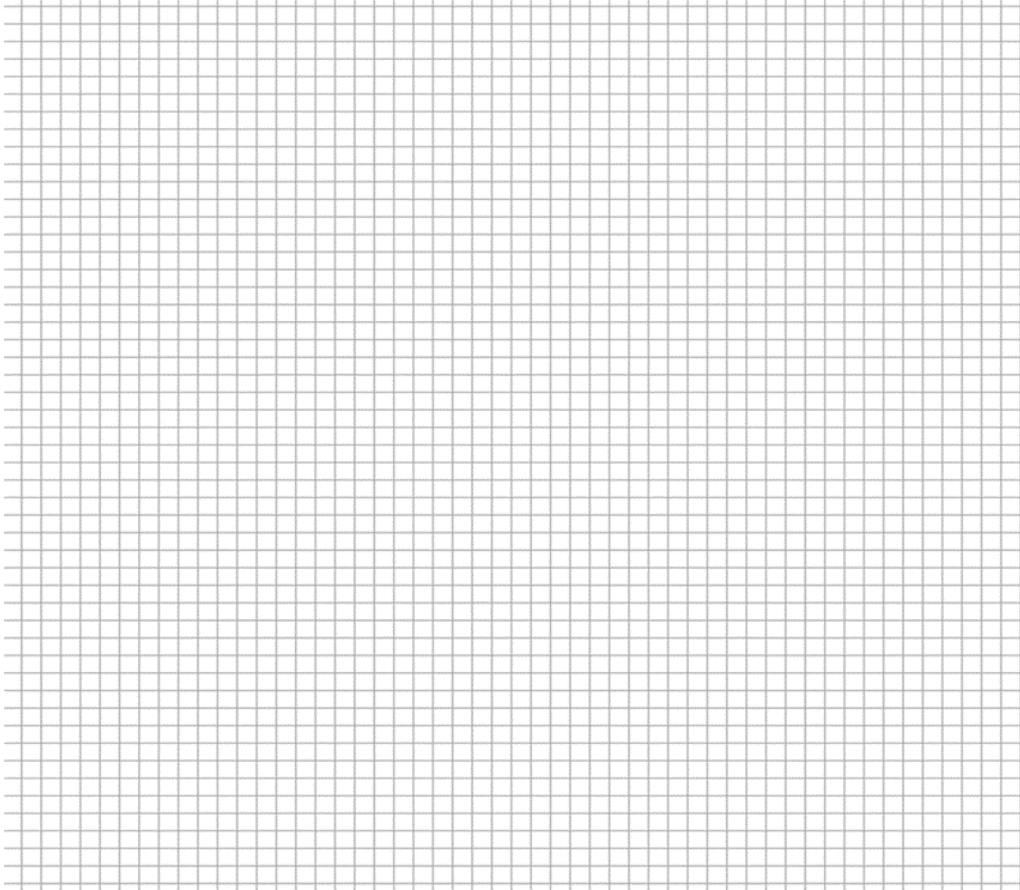


Рисунок 2.3 – Дифференциальная кривая титрования хлорид -ионов

Расчетная часть

Анализ полученных результатов

Поясните сущность потенциометрического титрования хлорид-ионов: _____

Вывод(ы)

Контрольные вопросы

1. Схематическая запись гальванической цепи.
2. Устройство хлорид-селективного электрода и электрода сравнения. Электрохимические реакции, уравнение Нернста и уравнение Никольского.
3. Достоинства потенциометрического титрования при определении хлорид-ионов.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Вычисление ЭДС электрохимической ячейки

Задача 1.1 Вычислить электродвижущую силу (ЭДС) окислительно-восстановительного гальванического элемента, состоящего из медного и свинцового электродов, опущенных в 0,05 М раствор нитрата меди и 0,2 М раствор нитрата свинца. Составить схему цепи и написать реакцию, протекающую в гальваническом элементе.

Задача 1.2 Составьте гальванический элемент из электродов $\text{Ag}|\text{AgNO}_3$ (0,1М) и $\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2 | \text{KCl}$ (1М) и напишите электродные реакции. Определите стандартный электродный потенциал серебряного электрода, если известно, что ЭДС гальванического элемента при 298 К равна 0,421 В.

Задача 1.3 Составьте гальванический элемент из двух электродов:

$\text{Zn}|\text{ZnCl}_2$ ($C=0,01\text{M}$) и $\text{Ag}|\text{AgCl}/\text{KCl}$ ($C=1\text{M}$). Напишите протекающие на электродах реакции и рассчитайте ЭДС гальванического элемента, если $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76\text{В}$ и $E^0(\text{Ag}, \text{AgCl}/\text{Cl}^-) = 0,222\text{В}$.

Задача 1.4 Составьте гальванический элемент из двух электродов $\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2 | \text{KCl}$ (1М) и $\text{Ag}|\text{AgNO}_3$ ($c=3\text{M}$). Напишите протекающие на электродах реакции и рассчитайте ЭДС гальванического элемента, если $E^0(\text{Ag}^+ / \text{Ag}) = 0,789\text{В}$, $E^0(\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-) = 0,280\text{В}$.

2. Определение pH растворов

Задача 2.1 Измерения pH раствора проводилось с помощью хингидронного электрода. Рассчитайте pH раствора, если ЭДС элемента



при 25°C равна 0,006 В. Стандартный электродный потенциал хингидронного электрода равен 0,699 В; потенциал хлорсеребряного электрода составляет 0,222 В при 25°C.

Задача 2.2 ЭДС цепи, составленной из хлорсеребряного $\text{Ag, AgCl}|\text{KCl}$ и хингидронного (х.г.э.) $\text{Pt/C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2, \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2, \text{H}^+$ электродов, равна 0,274 В при 298 К. Определите рН исследуемого раствора, если $E_{\text{х.г.э.}} = 0,699$ В и $E_{\text{Ag/AgCl}} = 0,226$ В.

Задача 2.3 Рассчитайте рН раствора, если ЭДС гальванического элемента $\text{Pt, (H}_2\text{)}/\text{H}_3\text{BO}_3/\text{KCl/Hg}_2\text{Cl}_2, \text{Hg}$ равна 0,554В при 25⁰С. $E(\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Hg}) = 0,268$ В.

3. Прямая потенциометрия (построение градуировочного графика)

Задача 3.1 В стандартных растворах NaF были измерены электродные потенциалы фторидселективного электрода относительно хлорсеребряного электрода и получены следующие данные:

$a\text{F}^-$, моль/л	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
E, мВ	100	140	190	230	275

Исследуемый раствор, содержащий фторид-ион, объемом 10,00 мл разбавили водой до 50,00 мл и измерили электродный потенциал фторид-селективного электрода в полученном растворе: $E_{\text{x}} = 210$ мВ. Определить активность (моль/л) фторид-иона в исследуемом растворе.

Задача 3.2. В стандартных растворах CdSO_4 с различной активностью Cd^{2+} измерены электродные потенциалы кадмий-селективного электрода относительно хлорсеребряного электрода и получены следующие данные:

$a\text{Cd}^{2+}$, моль/л	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
-E, мВ	75,0	100	122	146	170

Потенциал кадмий-селективного электрода в исследуемом растворе соли кадмия объемом 10,00 мл, разбавленном до 50,00мл, составил $-94,0$ мВ. Построить градуировочный график в координатах $E - \text{ра}(\text{Cd}^{2+})$ и определить активность (моль/л) исследуемого раствора соли кадмия.

Задача 3.3. Навеску образца массой 0,2000 г, содержащего калий, растворили в воде, и объем довели до 100 мл. Электродный потенциал калий-селективного электрода в полученном растворе оказался равным $E_{\text{x}}=60,0$ мВ. Построить градуировочный график в координатах $E - \text{рс}(\text{K}^+)$ и вычислить массовую долю

(%) калия в образце, если для стандартных растворов соли калия получены следующие данные:

cK^+ , моль/л	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
E, мВ	100	46	-7	-60

4. Потенциометрическое титрование

Задача 4.1 Навеску Na_2CO_3 массой 0,2792 г растворили в мерной колбе вместимостью 50,00 мл и довели раствор до метки. При потенциометрическом титровании 5,00 мл полученного раствора хлорной кислотой $HClO_4$ получены следующие результаты:

V($HClO_4$), мл	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
E, мВ	431	439	450	465	490	523	550	566	573	576

Постройте интегральную (E – V) и дифференциальную ($\Delta E/\Delta V - V$) кривые титрования и вычислите молярную концентрацию $HClO_4$.

Задача 4.2 Анализируемый раствор HCl разбавили в мерной колбе до 100,0мл и аликвоту объемом 20,00 мл оттитровали потенциометрически 0,1000 М $NaOH$. Построить кривые титрования в координатах $pH - V$ и $\Delta pH/\Delta V - V$ и определить массу (мг) HCl в растворе по следующим данным:

V($NaOH$),мл	1,50	1,80	1,90	1,95	1,98	2,00	2,02	2,05	2,10
pH	2,64	3,05	3,36	3,64	4,05	6,98	9,95	10,53	10,65

Задача 4.3 При титровании 25,00 мл раствора CH_3COOH 0,01000 М раствором $NaOH$ были получены следующие данные:

V, мл	15,0	16,0	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	20,0
pH	5,4	5,6	5,85	6,1	6,5	9,7	10,3	10,7

Постройте интегральную ($pH - V$) и дифференциальную ($\Delta pH/\Delta V - V$) кривые титрования и рассчитайте молярную концентрацию CH_3COOH в растворе.

ТЕМА 2. СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Работа 3. Фотометрическое определение дихромат- и перманганат-ионов при их совместном присутствии в растворе

Сущность и методика работы. Растворы, содержащие перманганат- и дихромат-ионы, имеют значительно различающиеся спектры поглощения.

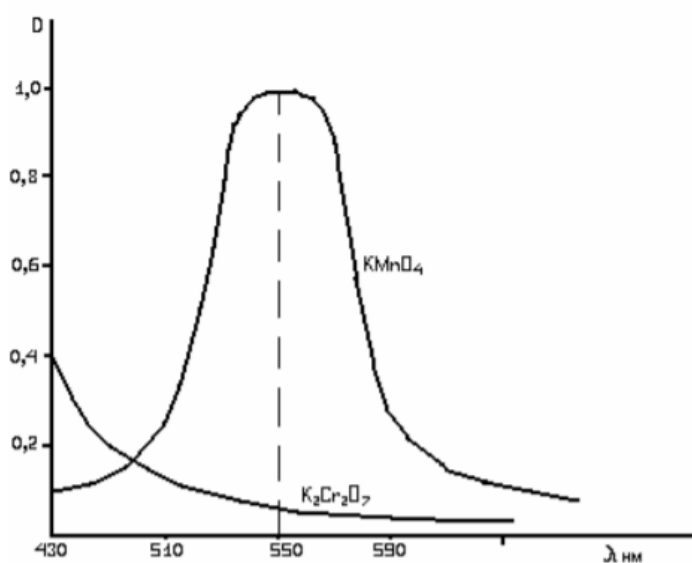


Рисунок 3.1. Условные кривые светопоглощения KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

В спектрах поглощения этих ионов можно выделить участок (λ_1), где поглощение KMnO_4 максимально, а поглощением $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ можно пренебречь. В области максимального поглощения дихромат-иона (λ_2) оптическая плотность перманганат-иона остается еще значительной, поэтому можно записать:

$$A_{\lambda_1}(X) = A_{\lambda_1}(\text{Mn}) = \varepsilon_{\lambda_1}(\text{Mn}) \cdot c(\text{Mn}) \cdot l$$

$$A_{\lambda_2}(X) = A_{\lambda_2}(\text{Cr}) + A_{\lambda_2}(\text{Mn}) = \varepsilon_{\lambda_2}(\text{Cr}) \cdot c(\text{Cr}) \cdot l + \varepsilon_{\lambda_2}(\text{Mn}) \cdot c(\text{Mn}) \cdot l,$$

где $A_{\lambda_1}(X)$ и $A_{\lambda_2}(X)$ – оптическая плотность анализируемой смеси при длине волны соответственно λ_1 и λ_2 ; $A_{\lambda_1}(\text{Mn})$ и $A_{\lambda_2}(\text{Mn})$ – оптическая плотность раствора KMnO_4 при длинах волн λ_1 и λ_2 ; $A_{\lambda_2}(\text{Cr})$ – оптическая плотность раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ при длине волны λ_2 ; $c(\text{Cr})$ и $c(\text{Mn})$ – молярные концентрации хрома и марганца; ε_{λ_1} и ε_{λ_2} – молярные коэффициенты поглощения веществ при длинах волн λ_1 и λ_2 ; l – толщина поглощающего слоя, см.

Концентрацию хрома и марганца можно найти графическим способом (рисунок 3.2). При это поступают следующим образом:

1. Снимают кривые светопоглощения для KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.
2. Выбирают два светофильтра с длиной волны λ_1 и λ_2 . При этом один из светофильтров соответствует максимальному поглощению KMnO_4 (λ_1), а второй – максимальному поглощению $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (λ_2).
3. Строят градуировочные графики для KMnO_4 (1 и 2) и для $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (3) при выбранных светофильтрах. Для $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ строят лишь один график, так как при длине волны λ_1 его светопоглощение пренебрежимо мало.
4. Измеряют $A(X)$ исследуемого раствора при λ_1 и λ_2 – $A_{\lambda_1}(X)$ и $A_{\lambda_2}(X)$.
5. Зная $A_{\lambda_1}(X)$, по графику 1 (для KMnO_4 при λ_1) находят $c(\text{Mn})$.
6. С помощью найденного значения $c(\text{Mn})$ по графику 2 (для KMnO_4 при длине волны λ_2) находят значение оптической плотности, обусловленное присутствием KMnO_4 – $A_{\lambda_2}(\text{Mn})$. По уравнению находят:

$$A_{\lambda_2}(\text{Cr}) = A_{\lambda_2}(X) - A_{\lambda_2}(\text{Mn}).$$
7. С помощью градуировочного графика 3 (для $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ при λ_1) находят $c(\text{Cr})$.

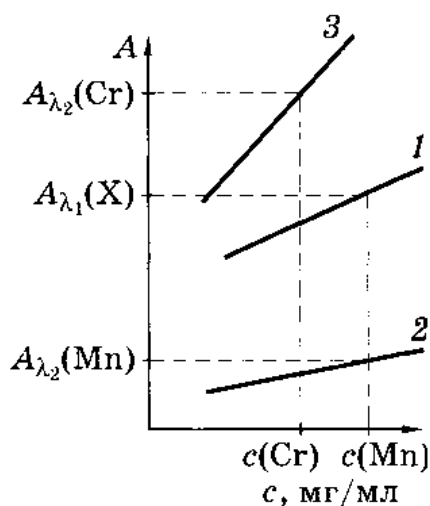


Рисунок 3.2. Градуировочные графики для определения хрома и марганца фотометрическим методом.

Цель: рассчитать массу хрома и марганца в исследуемой смеси (в мг) методом фотометрического анализа.

Реактивы, посуда и оборудование: стандартный раствор KMnO_4 , содержащий 0,1 мг Mn в 1 мл раствора (*приготовление: 9,1 мл 0,1 н раствора разбавляют водой до 100 мл*); стандартный раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, содержащий 0,1 мг Cr в 1 мл раствора (*приготовление: навеску массой 0,2818 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ растворяют в мерной колбе емкостью 1 л*); колбы мерные вместимостью 50 мл и 100 мл; пипетки градуированные вместимостью 10 мл; бюретки вместимостью 25 мл; фотоэлектродетектор (спектрофотометр) любого типа.

Основные понятия

Фотометрический анализ – _____

Оптическая плотность раствора – _____

Спектр поглощения – _____

Основной закон светопоглощения – _____

Закон аддитивности светопоглощения – _____

Схема фотоэлектродетектора

Выполнение работы

Приготовление стандартных растворов

В мерные колбы на 50 мл помещают по 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 мл основного стандартного раствора KMnO_4 и содержимое разбавляют до метки дистиллированной водой. В мерные колбы на 50 мл помещают по 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 мл основного стандартного раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и содержимое разбавляют до метки дистиллированной водой. Рассчитывают концентрации стандартных растворов после разбавления и заносят данные в таблицу.

Таблица 3.1 – Концентрации стандартных растворов

	Стандартные растворы									
	KMnO_4					$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$				
V, мл	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
c, мг/мл										

Выбор светофильтров и построение спектров поглощения

Регистрируют спектр поглощения индивидуальных компонентов (Приложение 2). Для этого измеряют оптическую плотность для наиболее концентрированных растворов KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в кюветах длиной 1 см при разных светофильтрах в области длин волн 400–750 нм, результаты записывают в таблицу и строят кривые светопоглощения растворов в координатах оптическая плотность (A) – длина волны (λ).

Таблица 3.2 – Распределение оптической плотности по длинам волн

λ , нм											
A_{Mn}											
A_{Cr}											

Затем выбирают длину волны, при которой наблюдается суммарное поглощение обоими окрашенными соединениями (λ_2) и длину волны, при которой поглощает лишь перманганат-ион (λ_1).

$$\lambda_1 =$$

$$\lambda_2 =$$

$$A_{\lambda_1} =$$

$$A_{\lambda_2} =$$

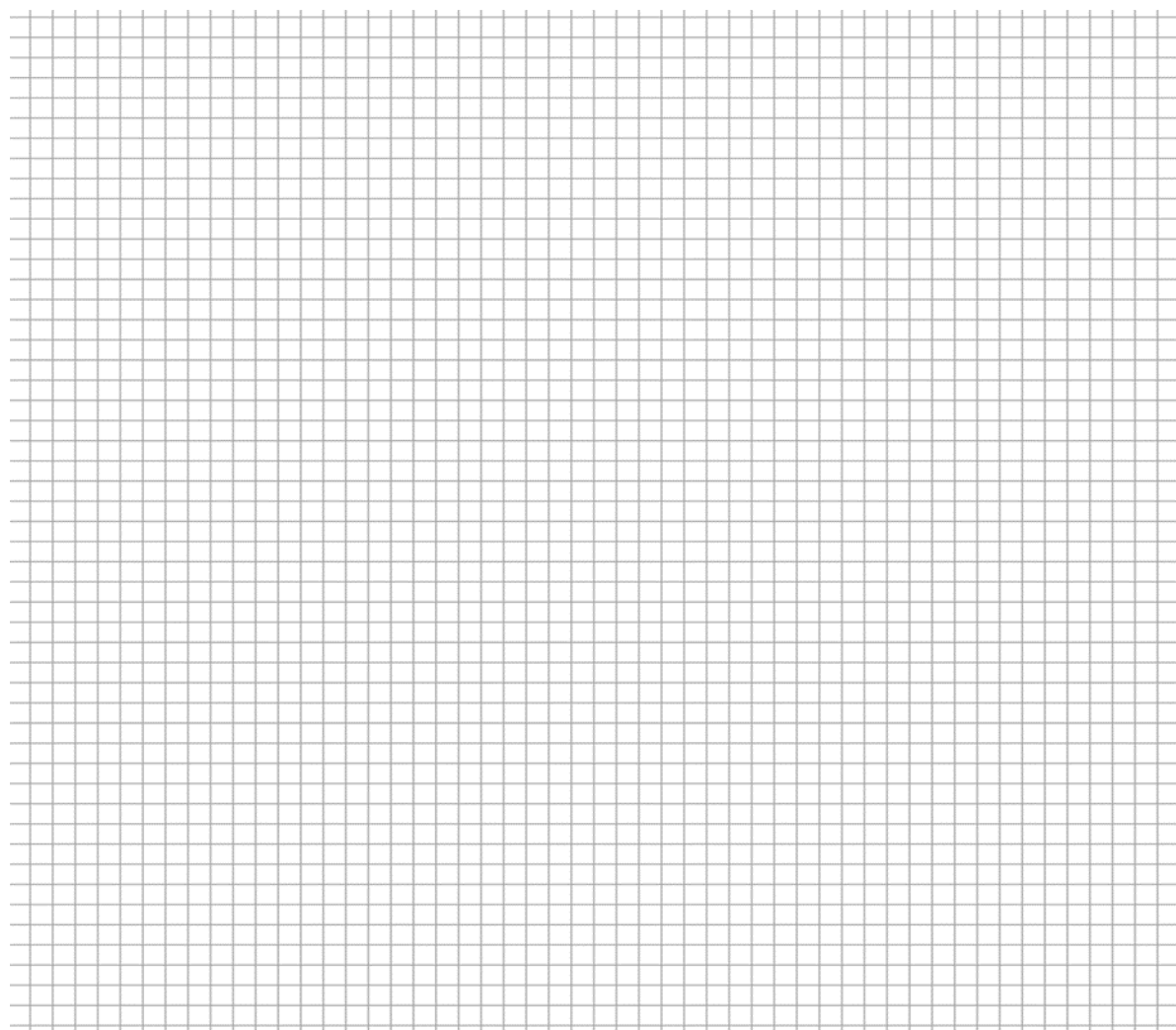


Рисунок 3.2 – Спектры поглощения KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Построение градуировочного графика

При выбранных светофильтрах измеряют оптическую плотность всех приготовленных растворов KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ с различным содержанием Mn и Cr. Измерение оптической плотности раствора дихромата калия производят только при λ_2 . В области максимального поглощения дихромат-иона (λ_2) оптическая плотность перманганата калия остается еще значительной. Поэтому для растворов перманганата калия измерение оптической плотности производят при двух светофильтрах λ_1 и λ_2 . Данные записывают в таблицу.

Таблица 3.3 – Значения оптической плотности стандартных растворов

	KMnO_4					$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$				
с, мг/мл										
A_{λ_1}										
A_{λ_2}										

По полученным данным строят 3 градуировочных зависимости на одном графике в координатах оптическая плотность (A) – концентрация вещества (с, мг/мл): **1** – для перманганата калия при λ_1 ; **2** – для перманганата калия при λ_2 ; **3** – для дихромата калия при λ_2

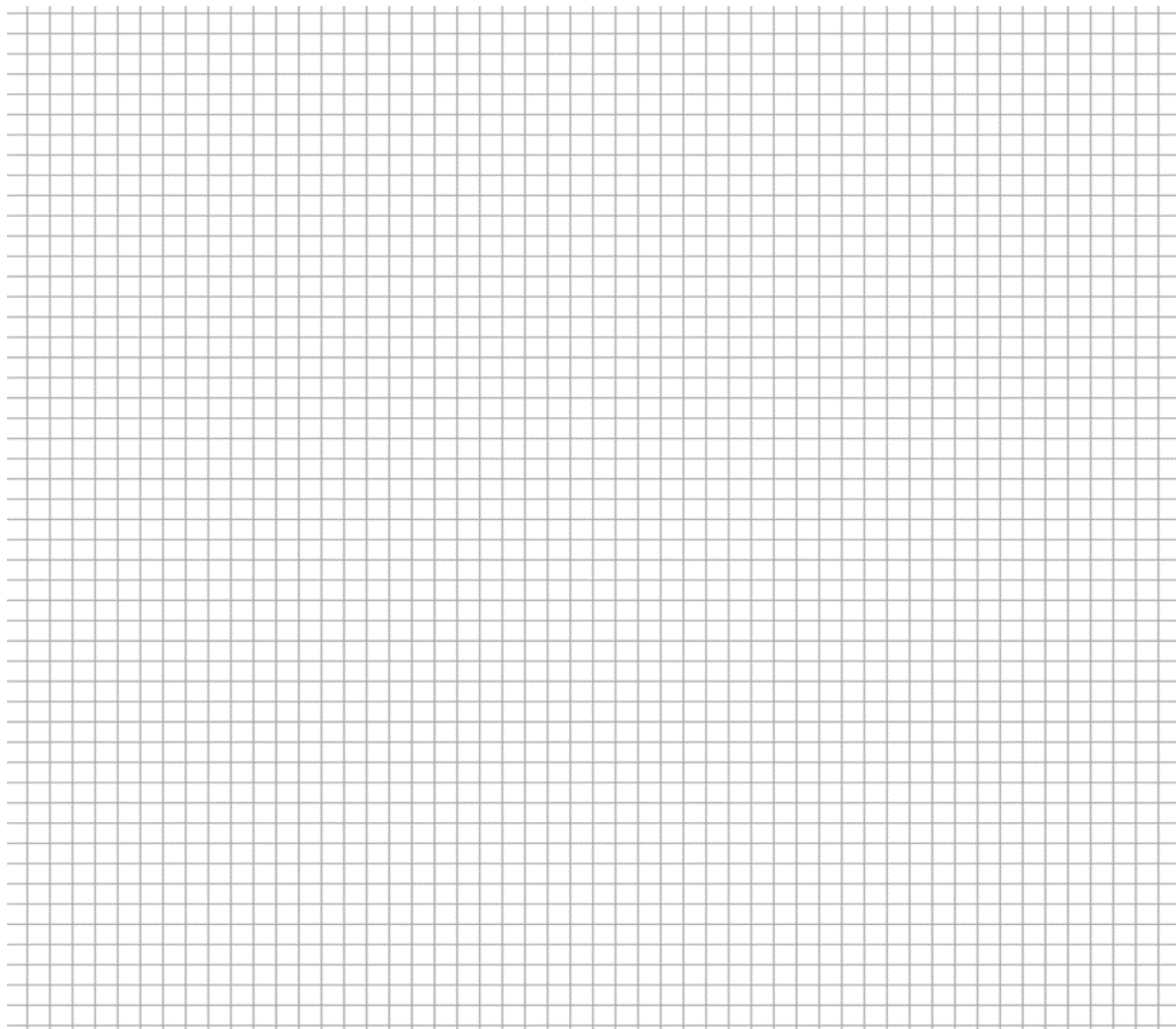


Рисунок 3.3 – Градуировочный график для определения хрома (VI) и марганца (VII) при совместном присутствии

Анализ исследуемого раствора

Анализируемый раствор помещают в колбу вместимостью 50 мл, доводят до метки водой, перемешивают и фотометрируют в тех же кюветах при выбранных светофильтрах λ_1 и λ_2 . С помощью градуировочных графиков находят $c(Mn)$ и $c(Cr)$, как указано выше. Рассчитывают массу хрома и марганца в смеси, учитывая проведенные разбавления. Данные заносят в таблицу.

Таблица 3.4 – Значения оптической плотности исследуемого раствора

$V, \text{ мл}$	$A_{\lambda 1}$	$A_{\lambda 2}$	$c(\text{Mn}), \text{ мг/мл}$	$c(\text{Cr}), \text{ мг/мл}$	$m(\text{Mn}), \text{ мг}$	$m(\text{Cr}), \text{ мг}$

Расчетная часть

Выводы

Работа 4. Фотометрическое определение железа в присутствии никеля

Сущность и методика работы. Растворы солей никеля и тиоцианатного комплекса железа имеют различную окраску. Это позволяет выделить область спектра, где светопоглощение тиоцианата достаточно велико, а светопоглощение соли никеля в присутствии тиоцианат-иона незначительно. Выбрав подходящий светофильтр и фотометрируя анализируемый раствор дважды – без добавления тиоцианата и после его добавления, получают соответственно два значения оптической плотности. Первое (A_0) соответствует светопоглощению соли никеля. Второе (A) – суммарному светопоглощению соли никеля и тиоцианата железа. Разность $\Delta A = A - A_0$ пропорциональна концентрации железа в растворе.

Цель работы. Рассчитать массу (в мг) железа и никеля в анализируемом растворе методом фотометрического анализа.

Реактивы, посуда и оборудование. Железоаммонийные квасцы $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ – стандартный раствор с содержанием железа 0,25 мг/мл (раствор 1). Сульфат никеля $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – раствор с содержанием никеля около 40 мг/мл. Тиоцианат калия (аммония) KSCN (NH_4SCN), 10%-й раствор. Хлороводородная кислота HCl , 2М раствор. Колбы мерные вместимостью 50 и 100 мл. Бюретка вместимостью 25 мл. Пипетка вместимостью 20 мл. Фотоэлектроколориметр любого типа.

Основные понятия

Фотометрический анализ – _____

Оптическая плотность раствора – _____

Спектр поглощения – _____

Основной закон светопоглощения – _____

Выполнение работы

Выбор светофильтров

Для выбора оптимальных светофильтров снимают кривые светопоглощения растворов соли никеля и тиоцианатного комплекса железа. Для этого в мерную колбу вместимостью 100 мл помещают 20 мл стандартного раствора железоаммонийных квасцов (*раствор I*) и доводят водой до метки (*раствор II*). Аликвоту *раствора II* объемом 10 мл помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл, подкисляют 5 мл HCl, добавляют 5 мл раствора тиоцианата калия (аммония) и доводят до метки водой. Приготовленный раствор фотометрируют при различных светофильтрах.

Затем фотометрируют неразбавленный раствор соли никеля, помещая его непосредственно в кювету. Результаты измерений заносят в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение оптической плотности по длинам волн

$\lambda, \text{нм}$											
A_{Fe}											
A_{Ni}											

Полученные для железа и никеля данные наносят на один график в координатах *оптическая плотность – длина волны* (рисунок 4.1).

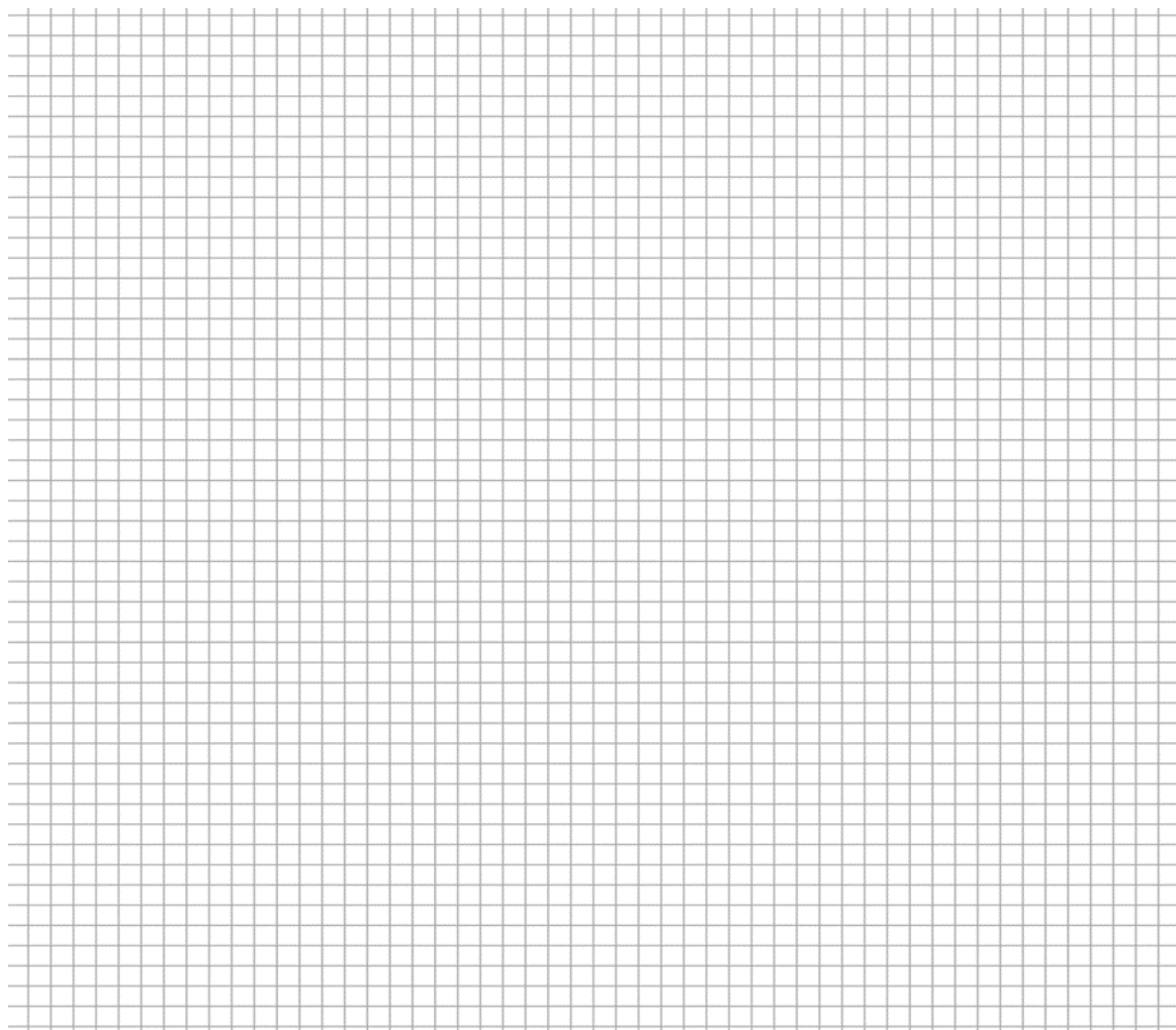


Рисунок 4.1 – Спектры поглощения соли никеля и тиоцианатного комплекса железа

На основании кривых светопоглощения выбирают тот участок спектра, где поглощение тиоцианатного комплекса железа является максимальным, а поглощение соли никеля незначительно.

$$\lambda_{\max} =$$

Построение градуировочного графика для железа

Готовят 3 стандартных раствора железоммонийных квасцов. Для этого в мерные колбы вместимостью 50 мл отбирают точно отмеренные объемы (от 5 до 10 мл) *раствора 11*, добавляют в каждую колбу по 5 мл HCl и 5 мл тиоцианата калия (аммония). Доводят растворы до метки водой.

Рассчитывают концентрацию железа в стандартных растворах.

c (раствор I) =

c (раствор II) =

c_1 =

c_2 =

c_3 =

Измеряют оптическую плотность растворов при λ_{\max} . Результаты заносят в таблицу 4.2. По полученным данным строят градуировочный график (рисунок 4.2) в координатах оптическая плотность (A) – концентрация железа (c , мг/мл).

Таблица 4.2 – Оптическая плотность стандартных растворов железа

	Стандартные растворы железа		
	1	2	3
V, мл	5,0	7,5	10,0
c, мг/мл			
$A_{\lambda_{\max}}$			

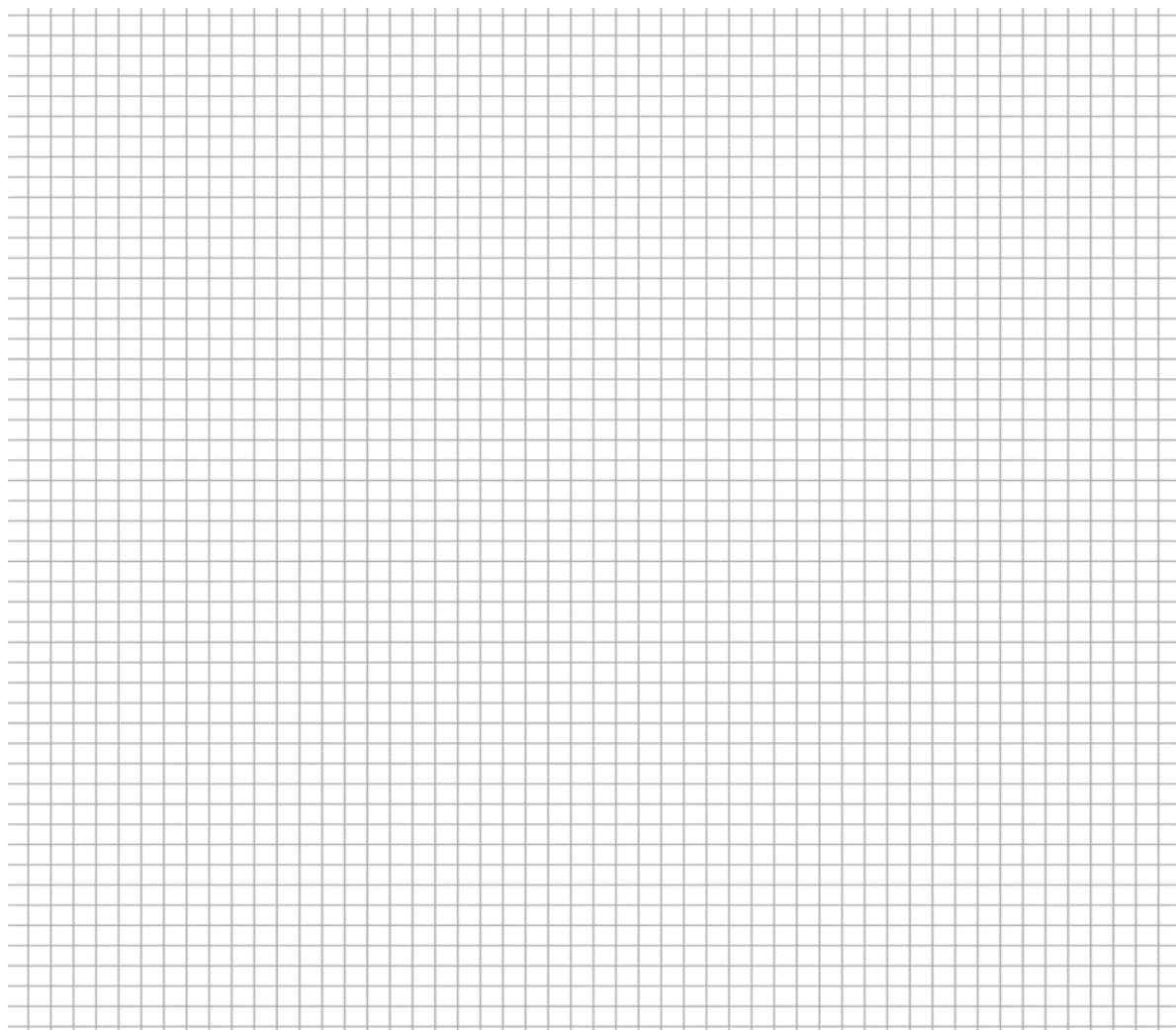


Рисунок 4.2 – Градуировочный график для тиоцианатного комплекса железа

Приготовление и анализ исследуемого раствора

Исследуемый раствор, представляющий собой смесь солей железа и никеля, доводят до метки водой в колбе вместимостью 100 мл. Затем его дважды фотометрируют. Сначала отбирают пипеткой 20 мл разбавленного раствора анализируемой смеси в мерную колбу вместимостью 50 мл, добавляют 5 мл HCl и доводят до метки водой. Измеряют оптическую плотность (A_0) при длине волны λ_{\max} .

Затем в другую такую же колбу отбирают пипеткой 20 мл раствора анализируемой смеси, добавляют 5 мл HCl, 5 мл тиоцианата калия (аммония) и доводят до метки водой. Измеряют оптическую плотность (A) при той же длине волны.

Находят $\Delta A = A - A_0$ и с помощью градуировочного графика 4.2 определяют концентрацию железа. Рассчитывают массу железа (мг), учитывая все произведенные разбавления. Данные заносят в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Значения оптической плотности исследуемого раствора

A_0	A	ΔA	$c(Fe), \text{мг/мл}$	$m(Fe), \text{мг}$

Рассчитывают массу железа и никеля в анализируемом растворе, учитывая все проведенные разбавления.

Расчетная часть

Выводы

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Построение спектра поглощения

1.1. Испытуемый раствор содержит интенсивно окрашенное комплексное соединение катиона металла M^{2+} с органическим реагентом с концентрацией катиона металла $C(M^{2+}) = 5,00 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

По приведенным ниже результатам измерения оптической плотности A испытуемого раствора при различных длинах волн λ в кювете с толщиной поглощающего слоя 2 см постройте спектр поглощения данного комплексного соединения в координатах $A - \lambda$.

Выберите аналитическую длину волны для определения катиона металла спектрофотометрическим методом по светопоглощению его комплексного соединения и рассчитайте его молярный коэффициент поглощения.

λ	350	355	360	365	370	380	390	400	410	420	430	435	440	450
A	0,319	0,338	0,350	0,355	0,353	0,330	0,259	0,170	0,098	0,054	0,028	-	0,016	0,008

2. Расчет концентрации вещества

2.1. Рассчитайте минимальную концентрацию (мкг/мл) висмута (III) в анализируемом растворе, которую можно определить фотометрическим методом с применением калия иодида, если фотометрирование раствора проводится при длине волны $\lambda_{\text{макс}} = 465$ нм в кювете толщиной 1 см, молярный коэффициент светопоглощения продукта фотометрической реакции $\epsilon = 9,1 \cdot 10^3$, а минимальное значение оптической плотности, измеряемое на СФ, равно 0,01.

2.2. Содержание антрацена в растворе определяли по собственному поглощению при 253 нм. Относительная оптическая плотность стандартного раствора, содержащего 35,0 мг/л антрацена, равна $A_{\text{отн.ст.}} = 0,412$. У исследуемого раствора эта величина равна $A_{\text{отв.х}} = 0,396$. В кювете сравнения в обоих случаях

был раствор с содержанием 30,0 мг/л антрацена. Вычислить концентрацию (мг/л) антрацена в исследуемом растворе.

3. Расчет массовой доли вещества по результатам фотометрических определений

3.1. Уксуснокислый раствор объемом 1000 мл содержит 0,0650 г растворенного препарата рибофлавина (витамина В₂). Отобрали 10 мл этого раствора, разбавили его водным раствором ацетата натрия до 100 мл и измерили оптическую $A=0,574$ полученного раствора на спектрофотометре в кювете с толщиной поглощающего слоя $l=1$ см при длине волны $\lambda=267$ нм.

Рассчитайте массовую долю рибофлавина C₁₇H₂₀N₄O₆ в анализируемом растворе, если молярный коэффициент светопоглощения рибофлавина в измеряемом растворе при $\lambda=267$ нм равен $\varepsilon = 32000$ л·моль⁻¹·см⁻¹.

3.2. Молярный коэффициент светопоглощения дитизоната меди (II) в тетрахлориде углерода при $\lambda_{эфф} = 550$ нм равен $\varepsilon = 4,52 \cdot 10^4$. Какую массовую долю (%) меди можно определить с дитизоном, если из навески образца сплава массой 1,00 г получают 25,00 мл раствора дитизона в CCl₄ и измеряют минимальную плотность 0,020 в кювете $l = 5,0$ см?

ПРАВИЛА РАБОТЫ С ИОНОМЕРОМ ЛАБОРАТОРНЫМ И-160.1 МП

В основу работы прибора положен потенциометрический метод измерения рХ и Е контролируемого раствора. При измерениях используется электродная система, состоящая из измерительного и вспомогательного электродов (или одного комбинированного электрода, включающего в себя измерительный и вспомогательный электрод). Электродная система при погружении в контролируемый раствор, развивает ЭДС, линейно зависящую от активности ионов и температуры раствора.

Перед эксплуатацией прибор необходимо прогреть не менее 30 минут (при комнатной температуре около 15 °С – 2-3 часа). После нажатия клавиши «СЕТЬ» на дисплее должна высвечиваться информация о версии программы, а затем режим работы, оставленный при выключении. Измерительный и вспомогательный электроды устанавливаются на штатив и подключаются соответственно к гнездам «ИЗМ.» и «ВСП.» мономера.

1. Выбор электродной системы.

1.1. Выбор текущей электродной системы (номера ячейки памяти прибора, в которой сохраняются настроечные константы электродной системы). Для перехода в режим выбора необходимой электродной системы нажмите кнопку «5/СИСТЕМА».

1.1.1. Нажмите кнопку с номером необходимой системы (например, НОМЕР 7 для измерения содержания нитратов), либо нажатием кнопок ◀ и ▶ установите курсор на цифру, обозначающую номер канала.

1.1.2. Нажать кнопку «ВВОД». Далее можно работать в соответствии с сохраненными настройками предыдущих измерений, либо настроить канал заново.

2. Настройка электродной системы

Для перехода в режим настройки выбранной электродной системы в режиме измерения необходимо нажать в кнопку «9/НАСТР».

2.1. Установка вида термокомпенсации. Ручная установка температуры используется при проведении измерений в растворах с постоянной температурой. При этом на штативе устанавливается контрольный термометр, значение температуры окружающей среды вводится вручную с клавиатуры.

Нажатием кнопки ▶ переместить курсор в поле значений температуры. Кнопками ◀ ▶ и ▼ ▲ установить знак и поразрядно, начиная со старшего разряда, ввести значение температуры, например, «+20.0». Нажать кнопку «ВВОД».

2.2. Выбор режима измерения. Проведение измерений возможно в следующих режимах: Е (потенциала электродной системы), рХ (активности), Сх (концентрации). При измерении ЭДС (или измерении потенциала электронной системы Е) настройка приборов не производится. Для вывода значений нажать кнопку «1/mV».

2.3. Выбор иона. Для выбора иона нажмите кнопку «6/ИОН». Используя кнопки ◀, ▶, Т, ▲ для циклического просмотра ионов из следующего списка: «Н+», «Li+», «Na+», «K+», «Ag+», «NO3-», «ClO4-», «F-», «Cl-», «Br-», «I-», «CN-», «SCN-», «Ca2+», «Ba2+», «Mg2+», «(Ca+Mg) 2+», «Pb2+», «Cd2+», «Cu2+», «Hg2+», «CO32-», «S2-», «X+», «X2+», «X-», «X2-» (если определяемые ионы отсутствуют в списке). Кнопкой «ВВОД» зафиксировать выбранный ион; «ОТМЕНА» – отказ от выбора.

2.4. Подготовка к измерениям. Промыть электродную систему и дистиллированной водой, высушить фильтровальной бумагой. Между измерениями процедуру повторять.

ПРАВИЛА РАБОТЫ С ФОТОЭЛЕКТРОКОЛОРИМЕТРОМ КФК-2

Фотоэлектроколориметры КФК - колориметры фотоэлектрические концентрационные. Особенностью данной модели КФК-2 является наличие микропроцессорной системы (МПС), предназначенной для обработки аналоговой информации, поступающей от колориметров. Несомненным достоинством МПС является то, что она в качестве результата измерения выдает непосредственно концентрацию вещества. При этом колориметр КФК-2МП позволяет получать значения концентрации, изменяющейся во времени, через каждые 5 с.

1. С помощью шнура и выключателя 2 «сеть» включают прибор в сеть за 15 мин до начала измерений и прогревают при открытой крышке кюветного отделения. Если необходимо, корректируют установку стрелки микроамперметра на ноль по шкале коэффициентов пропускания (верхняя шкала) с помощью потенциометра «ноль», выведенного под шлиц.

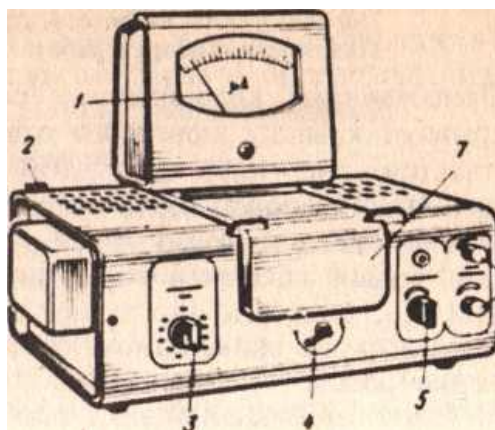
2. С помощью ручки 3 вводят необходимый светофильтр.

3. Устанавливают минимальную чувствительность прибора. Для этого ручку 5 ставят в положение «1» и ручки 6 - в крайнее левое положение. При этом положения «1», «2», «3» ручки 5, отмеченные на лицевой панели черным цветом, должны использоваться при работе со светофильтрами в области 315-540 нм, а положения «1», «2», «3», отмеченные красным цветом, - при работе со светофильтрами в области 590-980 нм.

4. В кюветное отделение помещают кюветы с исследуемым раствором и с раствором сравнения. Крышку кюветного отделения закрывают.

5. Ручкой 4 в световой поток вводят кювету с раствором сравнения и ручками 6 и 5 устанавливают отсчет «100» по верхней шкале микроамперметра.

6. Поворотом ручки 4 заменяют кювету с раствором сравнения с исследуемым раствором и снимают отсчет по шкале коэффициентов светопропускания (верхняя шкала) то в единицах оптической плотности (нижняя шкала).



Внешний вид колориметра КФК-2: 1 - шкала регистрирующего прибора; 2 - кнопка включения прибора в сеть; 3 - ручка переключения светофильтров; 4 - ручка перемещения кювет; 5- ручка включения фотоприемников; 6 - ручки установки 100% светопропускания; 7- крышка кюветного отделения

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянова, Ю. В. Спектроскопические методы анализа в аналитической химии : практикум / Ю. В. Емельянова, М. В. Морозова, Е. С. Буянова ; [под общ. ред. Е. С. Буяновой] . – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 88 с.
2. Практикум по аналитической химии : Учебн. пособие для вузов / В. П. Васильев, Р. П. Морозова, Л. А. Кочергина ; Под ред. В. П. Васильева. – М. : Химия, 2000. – 328 с.
3. Практикум по физико-химическим методам анализа / Под ред. О. М. Петрухина. – М. : Химия, 1987. – 248 с.
4. Основы аналитической химии. Практическое руководство : Учебн. пособие для вузов / В. И. Фадеева, Т. Н. Шеховцова, В. М. Иванов и др. ; Под ред. Ю. А. Золотова. – М. : Высш. шк., 2001. – 463 с.
5. Калинин, И. П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа / И. П. Калинин, М.И. Булатов – М. : Книга по Требованию, 2013. – 432 с.

Учебное издание

**Суханкина Наталья Владимировна
Генарова Татьяна Николаевна**

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ПО СОВРЕМЕННЫМ МЕТОДАМ ПОЛУЧЕНИЯ
И ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВ
Учебное пособие**

Издается в авторской редакции

*Ответственный за выпуск Л.М. Корневская
Компьютерная верстка И.И. Жукова*

Подписано в печать. Формат 60x84^{1/16} Бумага офсетная. Гарнитура Arial. Печать Riso.

Усл.печ.л. .Уч.-изд.л. .Тираж 150 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»

ЛИ № 02330/0133496 от

ЛП № 02330/0131508 от

220050, Минск, Советская, 18.

*Отпечатано с оригинал-макета заказчика в Учебно-издательском центре
БГПУ.*

220007, Минск, Могилевская, 37.

E-mail: izdat@bspu.unibel.by.