

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор Морского колледжа

« М.М. Майстришин
_____ 2026 г.

ИНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проведению практического занятия по междисциплинарному курсу
МДК.01.01 Основы аналитической химии и физико-химических методов анализа
на тему: «Расчеты в спектроскопических методах анализа»

Севастополь
2026

План практического занятия

1. Вводная часть: теоретический опрос студентов	20 мин.
2. Основная часть:	
2.1. Решение задач преподавателем и студентами у доски	90 мин.
2.2. Решение задач студентом самостоятельно	90 мин.
2.3. Итоговое тестирование по теме практического занятия	60 минут
3. Заключительная часть.	10 мин.

Целевая установка

1. Произвести опрос усвоения студентами лекционного материала.
2. Разобрать решение практический задач в спектроскопических методах анализа.

В результате проведения практического занятия студенты должны:

- а) знать:
 - сущность спектроскопических методов анализа;
 - Закон Ламберта-Бера;
 - узлы приборов
 - метод добавок, метод стандартов, метод градуировочного графика.
- б) уметь выполнять расчеты в спектроскопических методах анализа;
- в) уметь проводить статистическую обработку результатов количественных определений.

Литература

1. Физико-химические методы анализа: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Н. Казин [и др.]; под редакцией Е. М. Плисса.— Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 198 с.
2. Конюхов, В. Ю. Методы исследования материалов и процессов : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Ю. Конюхов, И. А. Гоголадзе, З. В. Мурга. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 179 с.
3. Александрова, Э. А. Химические методы анализа : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Э. А. Александрова, Н. Г. Гайдукова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 533 с.

Организационно-методические указания по проведению практического занятия

Практическое занятие – это форма учебного занятия, на котором преподаватель организует рассмотрение студентами отдельных теоретических положений учебной дисциплины и формирует на этой основе умения и навыки их практического применения путем выполнения студентами конкретных практических работ.

Данное занятие проводится в учебных кабинетах согласно учебному расписанию в отведенные классные часы занятий с учебным классом.

В начале занятия объявляется тема, учебные цели и порядок проведения занятия.

При опросе студентов необходимо ставить вопросы перед всей группой. Ответы на поставленные вопросы студенты дают в форме, предложенной преподавателем. Если отвечающий дает неполный ответ, по усмотрению преподавателя можно опросить другого студента или сделать уточнение самому преподавателю. Во время опроса необходимо добиться того, чтобы неясных вопросов у студентов не осталось.

Письменная проверка производится по контрольным карточкам, устная – путем постановочных вопросов из того же задания. Длительность проверки готовности к занятиям не более 20 мин.

В ходе проведения практического занятия преподавателем представляется разбор практических задач по спектроскопическим методам анализа (расчет молярного коэффициента поглощения, применение закона Бугера-Ламберта-Бэра, практическое применение метода добавок, метода стандартов и метода градуировочного графика, перерасчет различных видов концентраций растворов, расчет содержания компонента с учетом разбавления раствора).

Обучающийся под контролем преподавателя проводит расчет практических задач с использованием теоретического материала лекционных занятий и разобранных ранее примеров.

При разборе занятия преподаватель должен оценить знания и действия студентов, указать на имевшие место недостатки в процессе занятий, дать необходимые указания для самостоятельных занятий.

При письменном опросе студентам возвращаются их работы с выставленными оценками на следующий день после проведения занятия. Полученные оценки за данное практическое занятие выставляются в графе «посещаемость» классного журнала и фиксируются в журнале учета успеваемости преподавателя, в дальнейшем они учитываются при выставлении итоговой оценки по учебной дисциплине.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 1. Светопропускание исследуемого раствора равно 80%.

Вычислить оптическую плотность этого раствора.

Решение. Вычисление проводится по формуле:

$$A = -\lg T = -\lg 0.8 = 0.097$$

Пример 2. Коэффициент молярного поглощения KMnO_4 при длине волны 546 нм равен 2420. Оптическая плотность исследуемого раствора в кювете толщиной слоя 2 см равна 0.80. Чему равен $T(\text{KMnO}_4/\text{Mn})$, г/см³?

Решение. Можно вычислить молярную концентрацию из уравнения:

$$c(\text{KMnO}_4) = \frac{0.8}{2420 \times 2} = 1.65 \times 10^{-4} \text{ моль/дм}^3$$

$$T(\text{KMnO}_4 / \text{Mn}) = \frac{c(\text{KMnO}_4) \times M(\text{Mn})}{100} = \frac{1.65 \times 10^{-4} \times 55}{1000} = 9.08 \times 10^{-6} \text{ г/см}^3,$$

где $c(\text{KMnO}_4)$ – молярная концентрация раствора, $M(\text{Mn})$ – молярная масса марганца.

Пример 3. Рассчитать минимально определяемую массу (в мг) железа (III) по реакции с сульфосалициловой кислотой в аммиачной среде при использовании кюветы с толщиной слоя 5 см; объем окрашенного раствора равен 5.0 см³; коэффициент молярного поглощения равен 4000; минимальная оптическая плотность, измеряемая прибором, составляет 0.01.

Решение. Минимально определяемую концентрацию можно определить из уравнения

$$C_{\text{мин}} = \frac{A}{\varepsilon l},$$

подставив в него данные из условия задачи:

$$C_{\text{мин}} = \frac{0.011}{4000 \times 5} = 5 \times 10^{-7} \text{ моль/дм}^3$$

Минимальную навеску определяют по уравнению $m = nM$, где m – масса вещества, г; M – молярная масса данного вещества, г/моль; n – число молей вещества; $n = CV$, отсюда

$$m_{\text{мин}}(\text{Fe}^{3+}) = 55.85 \times 5 \times 10^{-7} \times 5 \times 10^{-3} = 1.396 \times 10^{-4} \text{ мг}$$

Пример 4. Навеску стали 0.2500 г растворили в смеси кислот. Раствор разбавили в мерной колбе вместимостью 100.0 см³. К 25.0 см³ полученного раствора добавили для определения титана пероксид водорода, фосфорную кислоту, разбавили до 50.0 см³. Оптическая плотность полученного желтого раствора равна 0.220. К другой порции 25.0 см³ добавили раствор, содержащий 0.2000 мг титана, и обработали аналогично первому раствору. Оптическая плотность этого раствора оказалась равной 0.500. Чему равна массовая доля титана в стали?

Решение. В данном случае для определения массы титана использован метод добавок. В соответствии с основным законом светопоглощения можно записать два уравнения:

$$A_x = \varepsilon C_x l; \quad A(X + C_{cm}) = \varepsilon (C_x + C_{cm}) l$$

Поскольку ε и l не изменяются при измерениях первого и второго растворов, можно определить C_x (фактически это будет число, показывающее, сколько миллиграммов титана содержится в анализируемой пробе):

$$\frac{0.220}{0.500} = \frac{C_x}{C_x + 0.20}; \quad C_x = 0.1571 \text{ мг}$$

Поскольку для анализа взята аликвотная часть, равная $\frac{1}{4}$ от всей пробы, содержание титана равно $m(Ti) = 0.1571 \times 4 = 0.6290$ мг.

Массовую долю титана можно определить из пропорций:

$$0.2500 \cdot 10^3 - 100\%$$

$$0.6290 - W_{Ti} \qquad W_{Ti} = \frac{0.6290 \times 100}{250} = 0.25\%$$

Пример 5. Для определения никеля навеску, равную 0,2150 г, растворили, довели до метки в мерной колбе вместимостью 200,0 см³. К 10,0 см³ этого раствора добавили тартрата калия-натрия, аммиак, персульфат аммония, диметилглиоксим, подогрели в течение 5 минут, охладили. По градуировочному графику определили, что в анализируемом растворе содержится 2.1000 мг никеля. Определить массовую долю никеля в пробе.

Решение. По результатам измерений найдено, что в 1/20 части пробы содержится 2.1000 мг никеля. Следовательно, во всей пробе содержание никеля равно

$$m_{Ni} = 20 \times 2.1 = 42 \text{ мг}$$

Массовую долю никеля можно определить из пропорции:

$$215 \text{ мг} - 100\%$$

$$42 \text{ мг} - W_n$$

$$\text{Отсюда } W_n = (42 \times 100) / 215 = 19.53\%$$

Пример 6. После растворения 0,2500 г стали раствор разбавили до 100,0 мл. В три колбы вместимостью 50,0 мл поместили по 25,00 мл этого раствора и добавили: в первую колбу стандартный раствор, содержащий 0,50 мг Ti, растворы H₂O₂ и H₃PO₄, во вторую – растворы H₂O₂ и H₃PO₄, в третью – раствор H₃PO₄ (нулевой раствор). Растворы разбавили до метки и фотометрировали два первых раствора относительно третьего. Получили значения оптической плотности: $A_{x+ст} = 0,650$, $A_x = 0,250$.

Рассчитать массовую долю (%) титана в стали.

Решение. Определяем концентрацию титана, добавленного со стандартным раствором:

$$c_{ст} = 0,50 / 50,00 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ мг/мл},$$

где 0,50 мг – масса добавленного титана; 50,00 мл – объем раствора.

Вычисляем концентрацию титана по формуле

$$c_x = c_{ст} A_x / (A_{x+ст} - A_x); c_x = 1,00 \cdot 10^{-2} \cdot 0,250 / (0,650 - 0,250) = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ мг/мл}.$$

Определяем массу титана во взятой навеске:

$$m = (6,25 \cdot 10^{-3} \cdot 50,00 \cdot 100,0) / 25,00 = 1,25 \text{ мг} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ г.}$$

и рассчитываем его массовую долю (%):

$$w_{\text{Ti}} = (1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 100) / 0,2500 = 0,50\%.$$

Ответ: Массовая доля титана в стали 0,50%.

Контрольные задания
для проведения практического занятия на тему:
«Расчеты в спектроскопических методах анализа»

Контрольное задание № 1

1. Для определения длины волны интересующей линии λ_x были выбраны две линии в спектре железа с известными длинами волн: $\lambda_1 = 325,436$ и $\lambda_2 = 328,026$ нм. По отсчетам на измерительной шкале микроскопа получили: $a_1 = 1,01$ мм и $a_2 = 0,35$ мм. Какова длина волны искомой линии в спектре анализируемого образца?

2. Молярный коэффициент светопоглощения дитизоната меди (II) в тетрахлориде углерода при $\lambda = 550$ нм равен 45200. Какую массовую долю (%) меди можно определить с дитизоном, если из навески образца сплава массой 1 г получают 25 мл раствора дитизоната в тетрахлориде углерода и измеряют минимальную оптическую плотность 0,020 в кювете 5 см?

3. В две мерные колбы вместимостью 100 мл поместили по 10 мл сточной воды. В одну колбу добавили 10 мл стандартного раствора сульфата меди с $T(\text{Cu}) = 0,001$ г/мл. В обе колбы ввели раствор аммиака и разбавили водой до метки. При фотометрировании растворов получили оптические плотности: анализируемый раствор 0,240, раствор с добавкой 0,380. Определить концентрацию (в г/л) меди в сточной воде.

Контрольное задание № 2

1. Для определения длины волны интересующей линии λ_x были выбраны две линии в спектре железа с известными длинами волн: $\lambda_1 = 373,713$ и $\lambda_2 = 374,556$ нм. По отсчетам на измерительной шкале микроскопа получили: $a_1 = 0,54$ мм и $a_2 = 0,52$ мм. Какова длина волны искомой линии в спектре анализируемого образца?

2. Для определения железа (III) в концентрированной серной кислоте в виде сульфосалицилата навеску помещают в колбу вместимостью 100 мл, добавляют необходимые реактивы и доводят водой до метки. Измеряют оптическую плотность при $\lambda = 420$ нм ($\varepsilon = 6000$) и толщине кюветы 5 см. Рассчитать массу навески кислоты для анализа, если оптическая плотность составляет 0,435, а массовая доля железа в кислоте равна 0,001 %.

3. Для построения градуировочного графика определили оптическую плотность пяти стандартных растворов меди (II), результаты обработали по методу МНК и получили следующие данные:

$C_{\text{Cu}} \cdot 10^3$, г/мл	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
A	0,105	0,210	0,315	0,420	0,525

Навеску латуни массой 0,0690 г растворили и раствор разбавили до 50,00 мл. Вычислить массовую долю (%) меди в анализируемом образце, если оптическая плотность анализируемого раствора оказалась равной 0,270.

Контрольное задание № 3

1. Для определения длины волны интересующей линии λ_x были выбраны две линии в спектре железа с известными длинами волн: $\lambda_1 = 360,885$ и $\lambda_2 = 361,877$ нм. По отсчетам на измерительной шкале микроскопа получили: $a_1 = 1,00$ мм и $a_2 = 0,12$ мм. Какова длина волны искомой линии в спектре анализируемого образца?

2. Для определения меди в цветном сплаве из навески 0,335 г после растворения и обработки аммиаком было получено 250 мл окрашенного раствора, оптическая плотность которого в кювете с толщиной 2 см была 0,254. Определить содержание меди в сплаве (%), если молярный коэффициент поглощения меди равен 423.

3. При определении меди методом добавок в две мерных колбы на 100 мл поместили по 3 мл анализируемого раствора, в одну из этих колб добавили 1 мл стандартного раствора меди с концентрацией 0,005 моль/л. Определить молярную концентрацию анализируемого раствора и его титр, если оптическая плотность раствора без добавки составила 0,140, а раствора с добавкой - 0,225.

Контрольное задание № 4

1. Для определения длины волны интересующей линии λ_x были выбраны две линии в спектре железа с известными длинами волн: $\lambda_1 = 486,370$ и $\lambda_2 = 487,130$ нм. По отсчетам на измерительной шкале микроскопа получили: $a_1 = 0,81$ мм и $a_2 = 1,06$ мм. Какова длина волны искомой линии в спектре анализируемого образца?

2. Для определения никеля с диметилглиоксимом навеску стали растворяют и раствор разбавляют до 100 мл. К 5 мл раствора добавляют необходимые реактивы, разбавляют водой до 50 мл и фотометрируют в кювете 1 см при длине волны 470 нм. Молярный коэффициент поглощения комплекса равен 13000. Вычислить массу навески стали для анализа, если значение оптической плотности 0,435, а массовая доля никеля в стали равна 0,5 %.

2. Для построения градуировочного графика определили оптическую плотность пяти стандартных растворов железа (III), результаты обработали по методу МНК и получили следующие данные:

$C_{Fe} \cdot 10^3$, г/мл	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
A	0,230	0,460	0,690	0,920	1,150

Определить, сколько граммов железа содержится в 50 мл раствора, если его оптическая плотность составили 0,780.

Контрольное задание № 5

1. Для определения длины волны интересующей линии λ_x были выбраны две линии в спектре железа с известными длинами волн: $\lambda_1 = 248,327$ и $\lambda_2 = 249,064$ нм. По отсчетам на измерительной шкале микроскопа получили: $a_1 = 0,54$ мм и $a_2 = 0,72$ мм. Какова длина волны искомой линии в спектре анализируемого образца?

2. Рассчитать минимально определяемое количество (в мкг) железа (III) по реакции с сульфосалициловой кислотой в аммиачной среде при толщине поглощающего слоя 5 см и минимальном объеме окрашенного раствора 15 мл. Молярный коэффициент поглощения комплекса равен 4000. Минимальная оптическая плотность, измеряемая ФЭКом, составляет 0,01.

3. В две мерные колбы вместимостью 100 мл поместили по 30 мл сточной воды. В одну колбу добавили 10 мл стандартного раствора сульфата меди с $T(Cu) = 0,001$ г/мл. В обе колбы ввели раствор аммиака и разбавили водой до метки. При фотометрировании растворов получили оптические плотности: анализируемый раствор 0,400, раствор с добавкой 0,540. Определить концентрацию (в г/л) меди в сточной воде.