

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория и практика спектрофотометрического метода анализа

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
04.04.01 - Химия

Направленность образовательной программы
Аналитическая химия и экология

Форма обучения
очная, очно-заочная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.03.01 Теория и практика спектрофотометрического метода анализа относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-1-н.1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1-н.2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	ПК-1-н.1: Уметь выбрать лучший вариант и методику пробоподготовки и спектрофотометрического определения веществ в реальных объектах. Знать перспективы развития и возможности спектрофотометрического анализа, основные области его применения, особенности процедур пробоподготовки. Владеть приемами пробоподготовки и работы на спектрофотометрическом оборудовании. ПК-1-н.2: Уметь оценивать метрологические характеристики анализа; использовать спектрофотометрическую аппаратуру и применять её для решения конкретной задачи Знать основные алгоритмы математической обработки результатов химического анализа; отличия разных классов спектрофотометрического оборудования Владеть приемами	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

		математической обработки результатов химического эксперимента с помощью компьютерных технологий; приемами измерения оптической плотности и светопропускания		
ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н.1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных	ПК-2-н.1: Знать возможности спектрофотометрического анализа в идентификации, определении и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы техники безопасности. Владеть навыками работы с научными базами данных, учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом спектрофотометрического анализа	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	4	4
Часов по учебному плану	144	144
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	36	36
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	36	36
- КСР	1	1
самостоятельная работа	71	71
Промежуточная аттестация	0 зачёт	0 зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем	Всего (часы)	в том числе
--------------------------------------------------	--------------	-------------

дисциплины			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы		
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы		Всего				
	о ф	о з ф	о ф	о з ф	о ф	о з ф	о ф	о з ф	о ф	о з ф	
Раздел 1. Теоретические основы фотометрического анализа	57	57	14	14	14	14	28	28	29	29	
Раздел 2. Применение фотометрического анализа для определения концентрации различных аналитов	47	47	12	12	13	13	25	25	22	22	
Раздел 3. Применение фотометрического анализа для изучения равновесий в растворах	39	39	10	10	9	9	19	19	20	20	
Аттестация	0	0									
КСР	1	1						1	1		
Итого	144	144	36	36	36	36	73	73	71	71	

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Теория и практика спектрофотометрического метода анализа" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=3626>).

Иные учебно-методические материалы: 1. Абражеев Р.В. и др. Лабораторные работы по фотометрическим методам анализа: учебно-методическое пособие / Абражеев Р.В., Калугин А.А., Крылов В.А., Бочкарева Л.В.: – Нижний Новгород, Нижегородский госуниверситет, 2013. – 87 с.

2. Калугин А.А., Нипрук О.В., Абражеев Р.В. Фотометрия. Лабораторные работы для студентов химического факультета: учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. – 28 с.

3. Абражеев Р.В. Методы атомной спектроскопии в аналитической химии: учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 39 с.

4. Абражеев Р.В. Введение в инструментальные методы анализа (Электронный управляемый курс). – Нижний Новгород: ННГУ, 2015. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=970>

5. Абражеев Р.В. Методы атомной и молекулярной спектроскопии в аналитической химии (Электронный управляемый курс). – Нижний Новгород: ННГУ, 2015. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=819>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

Как расходуется энергия излучения, направленного на поглощающую среду?

Как формулируется I закон светопоглощения (закон Бугера)?

Как формулируется II закон светопоглощения?

Как формулируется объединенный закон светопоглощения (закон Бугера-Ламберта-Бера)?

Что называют «оптической плотностью»?

В каких единицах измеряется оптическая плотность?

Какие значения может принимать величина оптической плотности?

От чего зависит оптическая плотность раствора?

Что называют «светопропусканием (прозрачностью)»?

В каких единицах измеряется светопропускание?

Какие значения может принимать величина светопропускания?

От чего зависит светопропускание раствора?

Как связаны оптическая плотность и светопропускание раствора?

Что называют «молярным коэффициентом светопоглощения»?

В каких единицах измеряется молярный коэффициент светопоглощения?

Что называют «чувствительностью» фотометрического анализа и как оценивают эту величину?

Что называют «воспроизводимостью» фотометрического анализа и как оценивают эту величину?

Что называют «правильностью» фотометрического анализа и как оценивают эту величину?

Что называют «селективностью» фотометрического анализа и как оценивают эту величину?

Изобразите блок-схему прибора для спектрофотометрического анализа.

Какие типы источников излучения используются в спектрофотометрии для работы в видимой области спектра? Охарактеризуйте спектр этих источников, опишите их достоинства и недостатки.

Какие типы источников излучения используются в спектрофотометрии для работы в ультрафиолетовой области спектра? Охарактеризуйте спектр этих источников, опишите их достоинства и недостатки.

Какие типы источников излучения используются в спектрофотометрии для работы в инфракрасной области спектра? Охарактеризуйте спектр этих источников, опишите их достоинства и недостатки.

Какие типы светофильтров применяют в фотометрии? Охарактеризуйте возможности этих светофильтров, опишите их достоинства и недостатки.

Какие типы призм применяют в спектрофотометрии? Охарактеризуйте возможности этих призм, опишите их достоинства и недостатки.

Какие типы дифракционных решеток применяют в спектрофотометрии? Охарактеризуйте возможности этих решеток, опишите их достоинства и недостатки.

Какие типы кювет используют в спектрофотометрии? Из каких материалов их изготавливают? Опишите важнейшие правила работы со спектрофотометрическими кюветами.

Какие типы детекторов используют в спектрофотометрии?

В чем преимущества фотоэлектрических детекторов по сравнению с визуальным детектированием?

Что называют «усталостью» и «старением» детекторов?

Как регистрируют сигнал в спектрофотометрии?

В чем сущность алгебраического способа определения константы диссоциации кислот и оснований? Как в этом случае ставится эксперимент и обрабатываются его результаты? Для исследования каких кислот и оснований он пригоден?

В чем сущность графического способа определения константы диссоциации кислот и оснований? Как в этом случае ставится эксперимент и обрабатываются его результаты? Для исследования каких кислот и оснований он пригоден?

Как проводится определение состава комплексных соединений способом «изомолярных серий»? Для исследования каких комплексов пригоден этот способ?

Как проводится определение состава комплексных соединений способом «изомолярных серий»? Для исследования каких комплексов пригоден этот способ?

Как проводится определение состава комплексных соединений способом Бента-Френча? Для исследования каких комплексов пригоден этот способ?

Как проводится определение состава комплексных соединений способом Асмуса? Для исследования каких комплексов пригоден этот способ?

Как проводится определение состава комплексных соединений способом Комаря? Для исследования каких комплексов пригоден этот способ?

Как проводится определение константы устойчивости комплексных соединений способом «изомолярных серий»?

Как проводится определение константы устойчивости комплексных соединений способом Бента-Френча?

Как проводится определение константы устойчивости комплексных соединений способом Асмуса?

Как проводится определение константы устойчивости комплексных соединений способом Комаря?

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

Что общего у фотометрического анализа и других инструментальных методов анализа?

Что отличает фотометрический анализ и другие оптические (спектроскопические) методы анализа?

Какие значения может принимать величина молярного коэффициента светопоглощения?

От чего зависит величина молярного коэффициента светопоглощения?

В чем заключается способ «пропорциональных отклонений» для измерения оптической плотности? На каких приборах его используют?

В чем заключается способ «равных отклонений» для измерения оптической плотности? На каких приборах его используют?

В чем заключается «дифференциальный» способ измерения оптической плотности? На каких приборах его используют?

В чем заключается «нулевой» способ измерения оптической плотности? На каких приборах его используют?

Какой из способов измерения оптической плотности обладает наилучшей точностью? В чем его недостаток?

В чем заключается способ определения концентрации с использованием известного значения молярного коэффициента светопоглощения? В чем его достоинства и недостатки?

В чем заключается способ определения концентрации с использованием одного стандартного раствора? В чем его достоинства и недостатки?

В чем заключается способ стандартных серий для определения концентрации? В чем его достоинства и недостатки?

В чем заключается способ спектрофотометрического титрования? В чем его достоинства и недостатки?

В чем заключается экстракционно-фотометрический способ определения концентрации? В чем его достоинства и недостатки?

В чем заключается кинетический способ определения концентрации? В чем его достоинства и недостатки?

В чем заключается дифференциальный способ определения концентрации? В чем его достоинства и недостатки?

Зачем выбирать оптимальные условия фотометрического анализа?

Как выбрать подходящий реагент для фотометрического определения?

Как выбрать оптимальную длину волны для фотометрического определения?

Как выбрать оптимальную кислотность для фотометрического определения?

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний не ниже минимально допустимого. Продemonстрированы все основные умения. Имеется набор навыков выше минимального, решены стандартные задачи.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимально допустимого или знания отсутствуют. Не продемонстрированы основные умения. Не имеется набора навыков выше минимального, стандартные задачи решены с грубыми ошибками или не решены. Или отказ от ответа.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	вследствие отказа обучающегося от ответа		негрубых ошибок	. Допущено несколько негрубых ошибок	. Допущено несколько несущественных ошибок	и. Ошибок нет.	
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Зачёт

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний не ниже минимально допустимого. Продemonстрированы все основные умения. Имеется набор навыков выше минимального, решены стандартные задачи.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимально допустимого или знания отсутствуют. Не продемонстрированы основные умения. Не имеется набора навыков выше минимального, стандартные задачи решены с грубыми ошибками или не решены. Или отказ от ответа.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н (Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)

1. Электромагнитное излучение и его основные характеристики: длина волны, частота, волновое число, энергия. Связь между ними. Основные области спектра электромагнитного излучения.
2. Происхождение спектров поглощения. Энергетическая диаграмма. Поглощение кванта и релаксация молекулы. Связь спектра поглощения со строением молекулы. Хромофоры и ауксохромы.
3. Законы светопоглощения. Светопропускание (прозрачность). Оптическая плотность. Правило аддитивности оптической плотности.
4. Молярный коэффициент светопоглощения, его физический смысл, диапазон принимаемых значений. Размерность. Кажущееся значение молярного коэффициента светопоглощения, его расчет.
5. Виды и причины отклонений от закона Бугера-Ламберта-Бера. Отрицательные и положительные отклонения. Кажущиеся причины: недостаточная монохроматичность излучения, рассеянный свет, флуоресценция, химические отклонения. Истинные (физические) причины отклонения.
6. Преимущества использования монохроматизированного излучения в фотометрии. Способы монохроматизации излучения: светофильтры, призмы, дифракционные решетки. Их достоинства и недостатки.
7. Источники излучения в фотометрии. Кюветы, правила их выбора и работы с ними.
8. Детекторы излучения в фотометрии. Фотоэлементы с запирающим слоем, вакуумные фотоэлементы, фотоэлектронные умножители, фотосопротивления.

9. Способы работы на однолучевых приборах (способ пропорциональных отклонений, способ равных отклонений) и двухлучевых приборах (дифференциальный способ, нулевой способ). Способы компенсации фототоков в двухлучевых приборах.
10. Алгебраический и графический способы нахождения констант диссоциации реактивов фотометрическим методом.
11. Определение состава комплексов методами изоляричных серий и насыщения.
12. Определение состава комплексов методами Бента-Френча и сдвига равновесия.
13. Определение состава комплексов методом Асмуса.
14. Оценка прочности продуктов реакции по диаграммам методов изоляричных серий и насыщения а также методом Комаря.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н (Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)

1. Место фотометрического анализа среди других инструментальных методов. Классификация методов фотометрического анализа.
2. Колориметрический анализ. Основы метода, реализация, достоинства и недостатки.
3. Способы определения концентраций в фотометрии: по известному значению молярного коэффициента светопоглощения, по оптической плотности стандартного раствора, способ градуировочного графика, способ добавок. Виды градуировочных графиков. Достоинства и недостатки.
4. Способы определения концентраций в фотометрии: фотометрическое титрование. Достоинства и недостатки.
5. Анализ многокомпонентных систем при помощи спектрофотометра. Варианты определения компонентов смеси двух и более веществ.
6. Метрологические характеристики фотометрического анализа: правильность, воспроизводимость, чувствительность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний.
7. Дифференциальный спектрофотометрический метод. Варианты. Решаемые задачи. Способ двусторонней дифференциальной спектрофотометрии, нахождение концентрации по градуировочному графику и аналитически.
8. Экстракционно-фотометрический анализ. Сущность метода, решаемые задачи. Варианты анализа.
9. Кинетический вариант спектрофотометрического анализа. Сущность метода, возможности, особенности. Индикаторная реакция и индикаторное вещество. Варианты кинетического анализа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Основы аналитической химии : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим. направлениям : в 2 т. Т. 1 / под ред. Ю. А. Золотова. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Академия, 2014. - 400 с. - (Высшее образование. Естественные науки). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 978-5-4468-0517-4 (т. 1) : 1015.90., 4 экз.
2. Основы аналитической химии : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим. специальностям : в 2 т. Т. 2 / под ред. Ю. А. Золотова. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Академия, 2014. - 416 с. - (Высшее образование. Естественные науки). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN

978-5-4468-0518-1 (т. 2) : 1019.90., 4 экз.

3. Кристиан Гэри. Аналитическая химия = Analytical Chemistry : [пер. с англ.] : в 2 т. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2011-. - (Лучший зарубежный учебник). Аналитическая химия . Т. 1 / пер. с англ. А. В. Гармаша, Н. В. Колычевой, Г. В. Прохоровой ; вступ. ст. Ю. А. Золотова. - М., 2011. - 623 с. : ил. - ISBN 978-5-94774-390-6 (т. 1) : 364.00., 4 экз.

4. Кристиан Гэри. Аналитическая химия = Analytical Chemistry : [пер. с англ.] : в 2 т. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2011-. - (Лучший зарубежный учебник). Аналитическая химия : в 2 т. Т. 2 / пер. с англ. А. В. Гармаша [и др.]. - М., 2011. - 504 с. : ил. - ISBN 978-5-94774-391-3 (т. 2) : 362.89., 4 экз.

Дополнительная литература:

1. Марченко Зигмунт. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе = Spektrofotometryczne Metody w Analizie Nieorganicznej / пер. с пол. А. В. Гармаша. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2007. - 711 с. : ил. - (Методы в химии). - ISBN 978-5-94774-369-2 : 271.04., 3 экз.

2. Отто М. Современные методы аналитической химии / пер. с нем. под ред. А. В. Гармаша. - 2-е испр. изд. - М. : Техносфера, 2006. - 416 с. - (Мир химии). - ISBN 5-94836-072-5 : 275.00., 6 экз.

3. Пешкова Валентина Моисеевна. Методы абсорбционной спектроскопии в аналитической химии : [учеб. пособие для хим. специальностей ун-тов] / под ред. И. П. Алимариной. - М. : Высшая школа, 1976. - 280 с. : ил. - 0.83., 17 экз.

4. Булатов Михаил Ильич. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа. - 4-е изд., перераб. и доп. - Л. : Химия, Ленингр. отделение, 1976. - 376 с. : ил. - 1.49., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Не используется

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Абражеев Ростислав Владиславович, кандидат химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Князев Александр Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.05.2023 г., протокол № 7.