

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Проректор по учебной работе**

**А.А. Воронов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Химические методы анализа: лабораторный практикум
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физической химии
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 45 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составили:

Г.М. Болейко, канд. биол. наук, доцент

О.Г. Карманова, канд. хим. наук, доцент, доцент

В.С. Талисманов, канд. хим. наук, доцент, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры физической химии 29.08.2024

## Аннотация

Курс "Химические методы анализа: лабораторный практикум" предназначен для студентов 2 курса ФЭФМ. Цель дисциплины: обучить студентов теоретическим и практическим основам химических, физико-химических и физических методов количественного анализа и идентификации веществ, научить работать с мерной посудой, проводить пробоподготовку исследуемых образцов веществ и материалов.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

обучить студентов теоретическим и практическим основам химических, физико-химических и физических методов количественного анализа и идентификации веществ, развить навыки работы с мерной аналитической посудой, навывки подготовки проб к анализу.

#### Задачи дисциплины

на основании полученных теоретических знаний и практического овладения методами анализа, а также методами расчета результатов эксперимента, студенты могли правильно выбирать методы исследования веществ в соответствии с поставленной перед ними проблемой, разработать схему анализа, практически провести его и интерпретировать полученные результаты.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.3 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской (измерительно-аналитической и технологической) аппаратуры
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические основы различных методов количественного анализа;
- методы выделения, разделения и концентрации веществ;
- методы обнаружения и количественного определения анализируемых веществ;
- преимущества и недостатки основных методов анализа;
- основные методы количественного химического и физико-химического анализа веществ, материалов и сред.

уметь:

- ориентироваться в различных методах анализа веществ;
- проводить анализ по обнаружению анализируемого вещества;
- определять содержание веществ в растворах, материалах, средах химическими, некоторыми физико-химическими и физическими методами;
- пользоваться основными средствами измерений, испытательного и вспомогательного оборудования, используемого в аналитической химии;
- приготовить растворы нужной концентрации;
- решать типовые задачи в пределах дисциплины;
- обрабатывать результаты анализа.

владеть:

- навыками работы с аналитической посудой, оборудованием;
- навыками обращения с химическими реактивами, стандарт-титрами, стандартными образцами;
- навыками проведения анализов конкретных объектов;
- навыками грамотной обработки результатов исследования;
- навыками приготовления растворов реактивов, установления их точной концентрации;
- навыками определения концентрации веществ в материалах и средах.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основные принципы количественного анализа			5	5
2	Метрология. Оборудование. Пробоотбор			5	5
3	Методы кислотно-основного титрования (нейтрализации)			5	5
4	Методы комплексонометрического титрования			5	5
5	Фотометрический анализ			5	5
6	Фотометрический анализ ионов при совместном присутствии			5	5
7	Поляриметрический анализ			5	5
8	Вискозиметрия			5	5
9	Применение химических методов анализа в задачах химической физики			5	5
Итого часов				45	45
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

###### 1. Основные принципы количественного анализа

Задачи количественного анализа, принципы аналитических определений. Методы количественного анализа: основные определения. Основные условия проведения количественного анализа.

## 2. Метрология. Оборудование. Пробоотбор

Задачи химической метрологии. Отбор проб для анализа. Аналитические измерительные приборы. Весы. Измерительная аналитическая посуда. Системы химических единиц. Расчеты концентраций в химическом анализе. Математическая обработка результатов анализа. Планирование эксперимента в аналитической химии и оптимизация условий анализа.

## 3. Методы кислотно-основного титрования (нейтрализации)

Теоретические основы кислотно-основного титрования. Кислотно-основные индикаторы. Кривые кислотно-основного титрования. Анализ кривых титрования. Ошибки кислотно-основного титрования. Титранты и стандарты кислотно-основного титрования. Применение кислотно-основного титрования.

Лабораторная работа "Определение концентрации сильной кислоты"

Лабораторная работа "Определение концентрации слабой кислоты"

Лабораторная работа "Определение карбонатной жесткости воды"

## 4. Методы комплексонометрического титрования

Теоретические основы методов осадительного титрования. Кривые осадительного титрования. Индикаторы осадительного титрования. Аргентометрия. Сульфатометрия. Ошибки осадительного титрования. Комплексонометрическое титрование. Кривые комплексонометрического титрования. Ошибки комплексонометрического титрования. Применение комплексонометрического титрования.

Лабораторная работа "Определение кальция"

Лабораторная работа "Определение кальция и магния при совместном присутствии"

Лабораторная работа "Определение общей жесткости воды"

## 5. Фотометрический анализ

Фотометрические методы анализа, закон Бугера-Ламберта-Бера. Выбор аналитической длины волны, выбор толщины поглощающего слоя, построение градуировочных характеристик. Фотометрические комплексоны и металлоиндикаторы. Нефелометрия.

Лабораторная работа "Определение концентрации железа в водном растворе"

## 6. Фотометрический анализ ионов при совместном присутствии

Маскирование. Подбор длины поглощения.

Лабораторная работа "Определение концентрации железа в растворе в присутствии никеля"

## 7. Поляриметрический анализ

Устройство поляриметра. Применение поляриметрии для анализа оптически активных веществ. Качественный и количественный анализ. Идентификация углеводов. Определение концентрации растворов углеводов.

Лабораторная работа "Идентификация углеводов"

Лабораторная работа "Определение концентрации сахарозы поляриметрическим методом"

## 8. Вискозиметрия

Устройство вискозиметра. Применение вискозиметрии для количественного химического анализа и идентификации. Определение плотности вещества.

Лабораторная работа "Определение концентрации растворов глицерина вискозиметрическим методом"

#### 9. Применение химических методов анализа в задачах химической физики

Лабораторная работа "Исследование кинетики йодирования ацетона титриметрическим методом"

### **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Химическая лаборатория, снабженная лабораторными столами, стульями (табуретами) штативами, бюретками, фотоэлектроколориметром, рН-метрами, рефрактометрами, термостатами, поляриметрами, вискозиметрами, электронными аналитическими весами, сушильным шкафом, аналитической посудой, реактивами, дистиллированной водой, водопроводом, вытяжным шкафом. В лаборатории также должна быть предусмотрена ученическая доска для решения задач.

### **6. Перечень рекомендуемой литературы**

#### Основная литература

1. Основы аналитической химии, Электронная версия печатной публикации / под редакцией Ю. А. Золотова, Т. Н. Шеховцовой, К. В. Осолка. — Москва, Лаборатория знаний, 2021

#### Дополнительная литература

1. Общая и неорганическая химия [Текст] : учебник для вузов / Н. С. Ахметов .— 7-е изд., стереотип. — М. : Высшая школа, 2009 .— 743 с.

### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Не предусмотрены.

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Для успешного освоения дисциплины студентам необходимо внимательно изучать теоретический материал курса, подготавливаться самостоятельно к каждой лабораторной работе (изучать методику, предварительно оформить лабораторный журнал), полностью выполнять указания преподавателя, ведущего лабораторную работу и указания методики количественного химического анализа. Ключевым моментом являются скрупулезность и внимательность исполнения требований методики эксперимента, аккуратность. Для подготовки теоретической части курса необходимо изучать материал, предоставляемый преподавателем в начале каждой лабораторной работы, а также изучать самостоятельно рекомендованную литературу.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физической химии
<b>курс:</b>	<u>2</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчики:**

Г.М. Болейко, канд. биол. наук, доцент

О.Г. Карманова, канд. хим. наук, доцент, доцент

В.С. Талисманов, канд. хим. наук, доцент, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.3 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской (измерительно-аналитической и технологической) аппаратуры
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Химические методы анализа: лабораторный практикум» обучающийся должен:

### знать:

- теоретические основы различных методов количественного анализа;
- методы выделения, разделения и концентрации веществ;
- методы обнаружения и количественного определения анализируемых веществ;
- преимущества и недостатки основных методов анализа;
- основные методы количественного химического и физико-химического анализа веществ, материалов и сред.

### уметь:

- ориентироваться в различных методах анализа веществ;
- проводить анализ по обнаружению анализируемого вещества;
- определять содержание веществ в растворах, материалах, средах химическими, некоторыми физико-химическими и физическими методами;
- пользоваться основными средствами измерений, испытательного и вспомогательного оборудования, используемого в аналитической химии;
- приготовить растворы нужной концентрации;
- решать типовые задачи в пределах дисциплины;
- обрабатывать результаты анализа.

### владеть:

- навыками работы с аналитической посудой, оборудованием;
- навыками обращения с химическими реактивами, стандарт-титрами, стандартными образцами;
- навыками проведения анализов конкретных объектов;
- навыками грамотной обработки результатов исследования;
- навыками приготовления растворов реактивов, установления их точной концентрации;
- навыками определения концентрации веществ в материалах и средах.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль успеваемости проводится в процессе сдачи студентами практических заданий.

Практические задания связаны с точностью определения заданного вещества в аналитической пробе.

Чем меньше ошибка определения - тем выше оценка за выполненную лабораторную работу.

За каждую лабораторную работу студенты могут получить от 0 до 10 баллов.

В качестве практических задач предусмотрены задания:

1. Определение концентрации сильной кислоты в пробе
2. Определение концентрации слабой кислоты в пробе
3. Определение содержания кальция и/или магния в пробе
4. Определение содержания железа в пробе
5. Определение содержания никеля в пробе
6. Определение содержания сахарозы в пробе
7. Определение содержания глицерина в пробе
8. Идентификация углеводов

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Вопросы для сдачи лабораторных работ для проведения промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета

1. Сущность и характеристика титриметрических методов анализа. Техника проведения титриметрического анализа.
2. Классификация методов по типу реакций (равновесий). Приемы и способы титрования. Примеры прямого, обратного титрования и титрования заместителя.
3. Требования к реакциям в титриметрии. Расчет константы равновесия кислотно-основного взаимодействия и оценка возможности прямого титрования.
4. Первичные и вторичные стандартные растворы в методе кислотно-основного титрования и их приготовление. Установочные вещества.
5. Способы выражения концентрации рабочих растворов. Пересчет концентраций.
6. Основа расчетов в титриметрии. Вычисление молярной массы эквивалента веществ. Закон эквивалентов при прямом, обратном титровании и титровании заместителя.
7. Выполнение расчетов результатов при прямом, обратном титровании и титровании заместителя, при титровании смесей типа сода + щелочь, карбонат + гидрокарбонат и др.
8. Кривые титрования в методе нейтрализации, особенности и координаты построения. Кислотно-основные системы, определяющие расчет pH на разных участках кривой для разных пар А-В в кислотно-основном титровании.
9. Факторы, влияющие на величину скачка кривой кислотно-основного титрования.
10. Индикаторы в методе нейтрализации. Классификации индикаторов. Теории индикаторов, ионно-хромофорная теория индикаторов. Интервал перехода,  $pT$  и их значение при выборе индикатора.
11. Типы ошибок при титровании с индикаторами. Происхождение индикаторных погрешностей титрования. Виды и знаки индикаторных погрешностей титрования. Расчетные формулы.
12. Расширение возможностей кислотно-основного титрования использованием разных приемов титрования. Примеры.
13. Титрование смесей протолитов и многоосновных протолитов. Условия.
14. Расширение возможностей кислотно-основного титрования использованием неводного титрования. Нивелирующее и дифференцирующее действие растворителей.
15. Классификация методов редоксиметрии по типу титрантов. Характеристика рабочих растворов, исходных веществ.
16. Индикаторы в редоксиметрии, интервал перехода редокс-индикаторов. Специфические индикаторы. Вычисление индикаторной погрешности титрования в редоксиметрии.



17. Приемы титрования при определении неорганических окислителей, восстановителей, органических веществ в перманганатометрии, иодометрии, дихроматометрии, броматометрии. Примеры косвенных определений методами редоксиметрии веществ, не участвующих в окислительно-восстановительных процессах. Предварительное окисление-восстановление определяемых веществ.
18. Реакции комплексообразования в анализе и их назначение. Представления о типах комплексов и типах лигандов. Факторы, влияющие на устойчивость комплексных соединений. Хелатный эффект.
19. Применение комплексов в качественном и количественном химическом анализе. Представление об органических реагентах и их применении в химическом анализе.
20. Методы титрования с использованием реакций комплексообразования. Комплексонометрическое титрование аминополикарбоновыми кислотами. Рабочий раствор ЭДТА (трилона Б, комплексона III), условия проведения реакций титрования. Условная константа образования комплексов. Металлохромные индикаторы.
21. Особенности построения кривых титрования в комплексонометрии.
22. Приемы титрования в комплексонометрии. Особенности определения катионов в прямом, обратном, вытеснительном титровании. Возможности определения анионов в косвенном титровании. Маскирующие реагенты. Примеры определений.
23. Сущность и классификация методов осадительного титрования. Сравнительная характеристика методов аргентометрии (рабочие растворы, условия и определяемые вещества в методах Мора, Фольгарда и Фаянса). Индикаторы
24. Сущность гравиметрических методов анализа.
25. Классификация инструментальных методов анализа
26. Чувствительность и селективность инструментальных методов анализа
27. Правильность и воспроизводимость инструментальных методов анализа
28. Принцип рефрактометрии. Применение метода.
29. Принцип фотометрического анализа. Применение метода.
30. Принцип нефелометрии. Применение метода.
31. Кинематическая вязкость. Методы измерений

#### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Оценка за дифференцированный зачет за семестр выставляется как среднее арифметическая оценка по всем лабораторным работам.