

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Экспериментальные методы химии высоких энергий

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

04.04.01 - Химия

---

Направленность образовательной программы

Физическая химия макромолекулярных систем

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.03.02 Экспериментальные методы химии высоких энергий 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: Знать принципы планирования, возможности используемых теоретических, экспериментальных и инструментальных методов исследования, принципы обработки полученных в исследовании новых результатов и их применимость к конкретным системам Владеть методами моделирования поведения новых химических систем в выбранных условиях исследования и соответствующими методами обработки его данных Уметь разрабатывать план проведения научного исследования по заданной тематике и схему обработки его данных с использованием стандартного и оригинального программного обеспечения  ПК-1-н.2: Знать теоретические основы физико-химических методов и принципы работы приборов, используемых для реализации физико-химических методов Уметь самостоятельно	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

		выбирать физико-химический метод для решения Владеть теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ		
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.2: Анализирует и обобщает результаты поиска по тематике проекта в области физической химии и / или смежных с химией науках	ПК-2-н.1: Знать основные научные и патентно-информационные базы данных. Уметь: проводить поиск информации в научных патентно-информационных базах данных, анализировать и обобщать результаты патентного поиска. Владеть основными приемами поиска методик физико-химического эксперимента; навыками планирования исследований и обработки экспериментальных данных.  ПК-2-н.2: Знать основные математические и программные средства и методы анализа результатов информационного поиска Уметь сравнивать, выявлять неточности и обобщать полученные данные Владеть программными продуктами поиска и анализа данных химической направленности.	Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	36
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	36
- КСР	1

самостоятельная работа	35
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		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	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Введение в курс "Экспериментальные методы фотохимии". Физическая и химическая природа электронно-возбужденных состояний.	8	4	4	8	0
Оптические системы. Спектральные методы в фотохимии.	12	4	4	8	4
Процесс испускания света.	4	2	2	4	0
Источники света.	8	2	2	4	4
Способы монохроматизации света.	8	2	2	4	4
Измерение интенсивности света.	8	2	2	4	4
Химические актинометры.	4	2	2	4	0
Аппаратура для фотохимических реакций.	4	2	2	4	0
Исследование механизма фотохимической реакции.	8	2	2	4	4
Фотосенсибилизация.	4	2	2	4	0
Кинетика фотохимических процессов. Измерение квантовых выходов фотохимических реакций.	8	2	2	4	4
Импульсный фотолиз.	4	2	2	4	0
Люминесценция.	8	2	2	4	4
Искажение спектров поглощения и испускания.	8	2	2	4	4
Фазочувствительный метод регистрации флуоресценции.	4	2	2	4	0
Кинетика люминесценции.	7	2	2	4	3
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	36	36	73	35

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Сравнение фотохимической активации с термической.

Единицы энергии излучения.

Законы фотохимии.

Диаграмма Яблонского. Электронно-колебательные состояния, процессы возбуждения и дезактивации для органической молекулы.

Закон Бугера-Ламберта-Бера, отклонение от него.

Молярный коэффициент экстинкции. Интенсивности электронных переходов.

Принцип Франка-Кондона. 0-0-полосы. Влияние на электронный спектр поглощения температуры образца.

Понятия флуоресценции и фосфоресценции. Зеркальная симметрия спектров поглощения и испускания (флуоресценции).

Хромофоры, гипсохромный и батохромный сдвиг. Типы и характеристики электронных переходов.

Искажение спектров поглощения и испускания. Исправленные спектры флуоресценции.

Влияние условий освещения образца. Импульсное измерение времени затухания и используемая аппаратура.

Измерение времени затухания флуоресценции по фазовым сдвигам и демодуляция. Модуляторы света. Фазочувствительный метод регистрации флуоресценции.

Поляризация флуоресценции. Определение поляризации и анизотропии.

Возбуждение и фотоотбор флуорофоров. Спектры поляризации флуорофоров. Схема измерения анизотропии. Сравнение методов. Причины деполяризации флуоресценции.

Способы монохроматизации света. Типы светофильтров, преимущества и недостатки.

Химические актинометры. Их сравнение с фотоэлектрическими и тепловыми приемниками.

Определение интенсивности монохроматического света при помощи ферриоксалатного актинометра.

Аппаратура препаративного фотохимического синтеза. Типы реакторов.

Использование «ловушек» свободных радикалов при изучении первичных реакции фотохимического распада. Какие типы «ловушек» вы знаете?

Применение метода ЭПР в фотохимии. Метод спиновых ловушек. Метод спинового зонда. Метод спиновой метки.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Экспериментальные методы химии высоких энергий" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=3608>).

#### **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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:**

1. Сравните фотохимическую активацию с термической.
2. Единицы энергии излучения.
3. Законы фотохимии.

4. Диаграмма Яблонского. Электронно-колебательные состояния, процессы возбуждения и дезактивации для органической молекулы.
5. Закон Бугера-Ламберта-Бера, отклонение от него.
6. Молярный коэффициент экстинкции. Интенсивности электронных переходов.
7. Принцип Франка-Кондона. 0-0-полосы. Влияние на электронный спектр поглощения температуры образца.
8. Понятия флуоресценции и фосфоресценции. Зеркальная симметрия спектров поглощения и испускания (флуоресценции).
9. Связь времени жизни с молярный коэффициент экстинкции.
10. Изобестическая точка.
11. Требования к монохроматичности излучения. Количественная и препаративная фотохимия.
12. Фотосенсибилизация. Механизмы переноса энергии.
13. Измерение квантовых выходов фотохимических реакций. Первичные и вторичный квантовый выход.
14. Исследование триплетных состояний молекул методом импульсного фотолиза. Применение импульсного фотолиза для измерения флуоресценции. Применение импульсного фотолиза для изучения промежуточных продуктов.
15. Люминесценция. Скорости переходов. Регистрация света люминесценции.
16. Эффективность и время затухания флуоресценции. Тушение флуоресценции. Зависимость флуоресценции от температуры.
17. Эффективность и время затухания фосфоресценции.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

1. Способы монохроматизации света. Типы светофильтров, преимущества и недостатки.
2. Химические актинометры. Их сравнение с фотоэлектрическими и тепловыми приемниками.
3. Определение интенсивности монохроматического света при помощи ферриоксалатного актинометра.
4. Аппаратура препаративного фотохимического синтеза. Типы реакторов.
5. Использование «ловушек» свободных радикалов при изучении первичных реакции фотохимического распада. Какие типы «ловушек» вы знаете?
6. Применение метода ЭПР в фотохимии. Метод спиновых ловушек. Метод спинового зонда. Метод спиновой метки.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося 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 вследствие отказа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	обучающегося от ответа			негрубых ошибок	несущественных ошибок		
<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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы 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 некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»



### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н**

1. Сравните фотохимическую активацию с термической.
2. Единицы энергии излучения.
3. Законы фотохимии.
4. Диаграмма Яблонского. Электронно-колебательные состояния, процессы возбуждения и дезактивации для органической молекулы.
5. Закон Бугера-Ламберта-Бера, отклонение от него.
6. Молярный коэффициент экстинкции. Интенсивности электронных переходов.
7. Хромофоры, гипсохромный и bathochromный сдвиг. Типы и характеристики электронных переходов.
8. Принцип Франка-Кондона. 0-0-полосы. Влияние на электронный спектр поглощения температуры образца.
9. Понятия флуоресценции и фосфоресценции. Зеркальная симметрия спектров поглощения и испускания (флуоресценции).
10. Связь времени жизни с молярный коэффициент экстинкции.
11. Изобестическая точка.
12. Требования к монохроматичности излучения. Количественная и препаративная фотохимия.

#### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н**

1. Какой диапазон длин волн важен в органической фотохимии, почему?
2. Типы и особенности газоразрядных источников света.
3. Принцип работы лазера, Использование лазеров в фотохимии, получение гигантских импульсов.
4. Материалы для фотохимических приборов. Прозрачность растворителей.
5. Типы приемников излучения. Параметрами характеризующие свойства и возможности приемников различных типов.
6. Фотоэлектрические приемники. Типы. Внешний фотоэлектрический эффект (фотоэлектронная эмиссия). Фототок. Длинноволновая граница. Старение фотоприемников.

7. Монохроматоры. Конструкции монохроматоров. Основными характеристиками монохроматора.
8. Тепловым приемники и их особенности.
9. Принципиальная схема кинетической установки импульсного фотолиза. Принципиальная схема спектрографической установки импульсного фотолиза.
10. Несимметричные флуорофоры. Флуорофоры с затрудненным вращением. Сегментальная подвижность флуорофора.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

Основная литература:

1. Серова В. Н. Фотохимия : учебное пособие / В. Н. Серова. - Москва : Юрайт, 2022. - 157 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/496718> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-14022-4 : 569.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт", <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=818551&idb=0>.
2. Барабанщикова Л. Н. Лабораторный практикум по неорганической и аналитической химии : учебно-методическое пособие для лабораторно-практических занятий / Барабанщикова Л. Н., Рыбачук О. В. - Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2021. - 92 с. - Книга из коллекции ГАУ Северного Зауралья - Ветеринария и сельское хозяйство., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799247&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Полотнянко Н. А. Практикум по неорганической химии : практикум / Полотнянко Н. А., Попова Е. С. - Дубна : Государственный университет «Дубна», 2021. - 153 с. - Книга из коллекции Государственный университет «Дубна» - Химия. - ISBN 978-5-89847-630-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=797515&idb=0>.

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

специализированное программное обеспечение необходимое для работы приборов

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Источники УФ излучения, УФ спектрометр AnalytikJena Specord 40, Shimadzu Spectrofluorophotometer RF-5301pc, ВЭЖХ Shimadzu LC-20

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 подготовки 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Будруев Андрей Владимирович, кандидат химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г., протокол № 1.