

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 от
«16» июня 2021 г. № 8

**Рабочая программа дисциплины
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
ХИМИИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия

Направленность образовательной программы

Неорганическая химия

Форма обучения

Очная

Нижегород
2021 год

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

04 июня 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры физической химии.

Протокол от _____ 20__ г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 20__ -20__ учебном году на заседании кафедры _____

Протокол от _____ 20__ г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 20__ -20__ учебном году на заседании кафедры _____

Протокол от _____ 20__ г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 20__ -20__ учебном году на заседании кафедры _____

Протокол от _____ 20__ г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Экспериментальные методы химии высоких энергий» относится к вариативной части Блока 1 ОПОП по направлению подготовки 04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия (Б1.В.03.ДВ.05.04), является дисциплиной по выбору для освоения студентами очной формы обучения, специализирующимися по кафедре физической химии, на пятом году обучения в 9 семестре.

Для освоения дисциплины студенты используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения курсов «Органическая химия» и «Физическая химия» базовой части профессионального цикла основной образовательной программы подготовки специалистов по направлению 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»

Для успешного и полного освоения разделов курса «Экспериментальные методы химии высоких энергий» и получения навыков экспериментальной работы со светочувствительными веществами необходимы экспериментальные навыки работы в химической лаборатории.

Изучение дисциплины и получение простейших навыков экспериментальной работы в химии высоких энергий невозможно без освоения фундаментальных разделов органической химии, включающих методы генерирования и идентификации радикалов, карбенов и нитеренов и их основные реакции. Требуется знания фундаментальных разделов физики, таких как молекулярная физика, термодинамика, электродинамика, оптика, основы квантовой механики, а также основ аналитической химии.

Знания и навыки, приобретенные в курсе изучения курса «Экспериментальные методы химии высоких энергий», необходимы для успешного освоения дисциплин вариативной части профессионального цикла и успешного проведения исследовательской работы.

Целями освоения дисциплины «Экспериментальные методы химии высоких энергий» являются:

- формирование у студентов систематических представлений о научных основах использования фотохимии в различных областях современной науки и направлено на освоение основ экспериментальных методов фотохимии, изучение современных фотохимических методов в проведении экспериментов и исследований.
- получение конкретных знаний, необходимых для профессиональной подготовки, имеется в виду и цель формирования у студентов целостного естественнонаучного мировоззрения.
- знание особенностей электронного и пространственного строения свободных радикалов, методы их генерирования и факторы, определяющие реакционную способность радикальных частиц.

Задачи дисциплины:

- изучение основных принципов основы теории поглощения света веществом;
- освоить систематику электронных состояний молекул и процессы диссипации и передачи энергии электронного возбуждения;
- изучение особенности экспериментальных приемов фотохимического эксперимента;
- Научить классифицировать свободные радикалы, оценивать и исследовать их стабильность и реакционную способность.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

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	
ПК-1-н. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области неорганической химии, и/или смежных с химией науках	ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий.	<i>Знать</i> принципы планирования, возможности используемых теоретических, экспериментальных и инструментальных методов исследования, принципы обработки полученных в исследовании новых результатов и их применимость к конкретным системам <i>Владеть</i> методами моделирования поведения новых химических систем в выбранных условиях исследования и соответствующими методами обработки его данных <i>Уметь</i> разрабатывать план проведения научного исследования по заданной тематике и схему обработки его данных с использованием стандартного и оригинального программного обеспечения	Устный опрос, контрольная работа, экзамен
	ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	<i>Знать</i> теоретические основы физико-химических методов и принципы работы приборов, используемых для реализации физико-химических методов <i>Уметь</i> самостоятельно выбирать физико-химический метод для решения <i>Владеть</i> теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ	
ПК-2-н. Способен проводить информационные исследования в области неорганической химии и/или	ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных	<i>Знать</i> основные научные и патентно-информационные базы данных. <i>Уметь</i> : проводить поиск информации в научных патентно-информационных базах данных, анализировать и обобщать результаты патентного	Устный опрос, контрольная работа, экзамен

смежных с химией науках		поиска. Владеть основными приемами поиска методик физико-химического эксперимента; навыками планирования исследований и обработки экспериментальных данных.	
	ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией науках	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.	
ПК-3-н. Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области неорганической химии и/или смежных с химией науках	ПК-3-н-1. Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	Знать возможности проверки применимости используемых методов исследования в НИР Уметь использовать физико-химические методы исследования для определения основных характеристик исследованных веществ Владеть навыками сопоставления полученных экспериментальных данных с литературными данными	Устный опрос, контрольная работа, экзамен
	ПК-3-н-2. Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	Знать нормативную документацию и особенности технологических процессов Уметь выявлять простые и практически значимые аспекты НИР Владеть навыками адаптации полученных экспериментальных данных для разработки технологического процесса	
ПК-1-о. Способен организовывать работу коллектива по решению задач НИР в области неорганической химии, готовить нормативную и отчетную документацию.	ПК-1-о-1. Планирует и организует работу коллектива в рамках научных и научно-технических проектов	Знать основные аналитические и физико-химические методы испытаний материалов и веществ Уметь применять полученные знания на практике Владеть научными приборами используемых для испытаний новых материалов и веществ.	Устный опрос, контрольная работа, экзамен
	ПК-1-о-2. Осуществляет оперативный	Знать перечень необходимых работ коллектива исполнителей, квалификацию сотрудников	

	<p>контроль за выполнением работ и состоянием рабочих мест</p>	<p>подразделений в области профессиональной деятельности, порядок выполнения работ Уметь организовывать работу коллектива, принимать конструктивные решения в условиях спектра мнений Владеть навыками организации работы коллектива исполнителей, принятия исполнительских решений в условиях спектра мнений, определения порядка выполнения работ профессиональной направленности</p>	
	<p>ПК-1-о-3. Анализирует результаты деятельности коллектива и вносит предложения по ее совершенствованию</p>	<p>Знать перечень необходимых работ коллектива исполнителей, квалификацию сотрудников подразделений в области профессиональной деятельности, порядок выполнения работ Уметь анализировать работу коллектива Владеть навыками принимать конструктивные решения в условиях спектра мнений</p>	<p>Устный опрос, контрольная работа, экзамен</p>
	<p>ПК-1-о-4. Разрабатывает, внедряет и осуществляет меры контроля за соблюдением подчиненными работниками производственной дисциплины, выполнением трудовых функций, регламентов, эксплуатационных инструкций</p>	<p>Знать государственные нормативные требования Уметь оценить состояния условий труда, безопасности производственных процессов, оборудования, приспособлений, инструмента, сырья и материалов, эффективности применения средств защиты работ Владеть навыками проверки усвоения работниками должностных обязанностей по охране труда и требований локальных нормативных актов по охране труда;</p>	
	<p>ПК-1-о-5. Организует обучение подчиненных работников безопасным приемам и методам труда</p>	<p>Знать формы контроля знаний подчиненных работников безопасным приемам и методам труда. Уметь оценить состояния условий труда, безопасности производственных процессов, оборудования, приспособлений,</p>	

		инструмента, сырья и материалов, эффективности применения средств защиты работ <i>Владеть</i> навыками проверки усвоения работниками должностных обязанностей по охране труда и требований локальных нормативных актов по охране труда;	
--	--	--	--

Окончательное завершение формирования компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины, происходит при прохождении производственных практик и выполнения ВКР.

3. Структура и содержание дисциплины «Термодинамика наноструктур»

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	9 ЗЕТ
Часов по учебному плану	324
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа	96
-лабораторные занятия	96
-КСИРФ	2
самостоятельная работа	30
Промежуточная аттестация – зачет	36

3.2. Структура дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1. Введение в курс "Экспериментальные методы фотохимии"	10	5	5	—	10	—

Тема 2. Физическая и химическая природа электронно-возбужденных состояний.	18	3	5	8	16	2
Тема 3. Оптические системы.	20	5	5	8	18	2
Тема 4. Спектральные методы в фотохимии.	20	5	5	8	18	2
Тема 5. Процесс испускания света.	18	3	5	8	16	2
Тема 6. Источники света.	10	3	5		8	2
Тема 7. Способы монохроматизации света.	18	3	5	8	16	2
Тема 8. Измерение интенсивности света.	21	5	8	8	21	—
Тема 9. Химические актинометры..	10	3	5		8	2
Тема 10. Аппаратура для фотохимических реакций.	19	3	8	8	19	—
Тема 11. Исследование механизма фотохимической реакции.	20	5	5	8	18	2
Тема 12. Фотосенсибилизация.	10	3	5		8	2
Тема 13. Кинетика фотохимических процессов. Измерение квантовых выходов фотохимических реакций.	18	3	5	8	16	2
Тема 14. Импульсный фотолиз.	10	3	5		8	2
Тема 15. Люминесценция.	18	3	5	8	16	2
Тема 16. Искажение	10	3	5		8	2

спектров поглощения и испускания.						
Тема 17. Фазочувствительный метод регистрации флуоресценции.	18	3	5	8	16	2
Тема 18. Кинетика люминесценции.	18	3	5	8	16	2
Контроль самостоятельной работы	2					
Промежуточная аттестация – экзамен	36					
Итого	324	64	96	96	256	30

Промежуточный контроль осуществляется при проведении экзамена.

3.3. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Введение в курс "Экспериментальные методы фотохимии".

Сущность органических фотохимических реакций - взаимодействие света с веществом. Стадии фотохимического превращения. Фотохимическая активация. Сравнение фотохимической активации с термической. Энергии высшего занятого и низшего свободного электронных уровней в молекуле, соотношения Больцмана. Единицы энергии излучения. Количество вещества (Эйнштейн). Энергии разрыва О-Н, N-H, C-C, N-C, O-O связей. Диапазон энергий интересных фотохимику.

Тема 2. Физическая и химическая природа электронно-возбужденных состояний.

Диаграмма Яблонского. Электронно-колебательные состояния, процессы возбуждения и дезактивации для органической молекулы. Законы фотохимии. Квантовый выход.

Тема 3. Оптические системы.

Линзы и системы линз. Кривизна поверхности. Фокусное расстояние и главные плоскости. Измерение фокусного расстояния. Абберация линз. Линзы Френеля. Дифракция и интерференция.

Тема 4. Спектральные методы в фотохимии.

Электронные спектры поглощения. Типичные спектры поглощения. Объединенный закон Бугера-Ламберта-Бера. Отклонение от закона Бугера-Ламберта-Бера. Отклонение от основного закона светопоглощения. Рассеяние. Флуоресценция. Ассоциация. Пропускание. Оптическая плотность. Молярный коэффициент экстинкции. Интенсивности электронных переходов. Хромофоры, гипсохромный и батохромный сдвиг. Типы и характеристики электронных переходов. Энергия электронно-возбужденных состояний. Принцип Франка-Кондона. 0-0-полосы. Влияние на электронный спектр поглощения температуры образца.

Тема 5. Процесс испускания света.

Спектры флуоресценции и фосфоресценции. Зеркальная симметрия спектров поглощения и испускания (флуоресценции). Излучательные и истинные времена жизни возбужденных состояний. Связь времени жизни с молярный коэффициент экстинкции. Изосбестическая точка.

Тема 6. Источники света.

Газоразрядные источники света (Ртутные лампы, Лампы на инертном газе, Водородная и дейтериевая лампа, Другие газоразрядные лампы). Лампы накаливания. Лазеры (Принцип работы лазера, Использование лазеров в фотохимии, получение гигантских импульсов).

Тема 7. Способы монохроматизации света.

Требования к монохроматичности излучения. Количественная и препаративная фотохимия. Способы монохроматизации света. Стеклопленочные светофильтры. Жидкостные светофильтры. Интерференционные светофильтры. Дисперсионные фильтры. Преимущества и недостатки. Монохроматоры. Конструкции монохроматоров. Основными характеристиками монохроматора. Материалы для фотохимических приборов. Прозрачность растворителей.

Тема 8. Измерение интенсивности света.

Типы приемников. Параметрами характеризующие свойства и возможности приемников различных типов. (пороговая чувствительность, коэффициент преобразования, постоянная времени, спектральная характеристика). Тепловым приемники (термоэлементы, болометры). Фотоэлектрические приемники. Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители, фотосопротивления, фотодиоды, квантовые счетчики. Внешний фотоэлектрический эффект (фотоэлектронная эмиссия). Фототок. Длинноволновая граница. Старение фотоприемников.

Тема 9. Химические актинометры.

Ферриоксалатный актинометр. Определение интенсивности монохроматического света с длиной волны 405 нм при помощи ферриоксалатного актинометра. Соли Рейнике. Лейкоформа малахитового зеленого.

Тема 10. Аппаратура для фотохимических реакций.

Реакторы. Аппаратура препаративного фотохимического синтеза. Реакторы с погружными лампами. Проточные аппараты. Работа при низких температурах. Аппаратура для фотохимических измерений.

Тема 11. Исследование механизма фотохимической реакции.

Исследования с помощью изотопов. Использование «ловушек» свободных радикалов при изучении первичных реакции фотохимического распада. Фотолиз в парафиновых растворах. Метод металлических зеркал. Ингибирование окисью азота. Ингибирование кислородом. Ингибирование фотолиза этиленом, пропиленом и т. д. Ингибирование фотолиза иодом. Применение метода ЭПР в фотохимии. Метод спиновых ловушек. Метод спинового зонда. Метод спиновой метки. Общие принципы устройства и работы ЭПР-спектрометра.

Тема 12. Фотосенсибилизация.

Перенос энергии. Тривиальный механизм переноса энергии. Диполь-дипольный механизм. (механизм Förster'a) Электронные обменные процессы передачи энергии.

Тема 13. Кинетика фотохимических процессов. Измерение квантовых выходов фотохимических реакций.

Первичный и вторичный квантовый выход.

Тема 14. Импульсный фотолиз.

Аппаратура. Типы установок импульсного фотолиза (кинетическая и спектрографическая). Принципиальная схема кинетической установки импульсного фотолиза. Принципиальная схема спектрографической установки импульсного фотолиза. Импульсные фотолитические лампы. Исследование триплетных состояний молекул методом импульсного фотолиза. Применение импульсного фотолиза для измерения флуоресценции. Применение

импульсного фотолиза для изучения промежуточных продуктов. Кинетическая обработка результатов измерения. Кислотно-основное равновесие триплетных состояний радикалов. Реакции переноса электрона.

Тема 15. Люминесценция.

Скорости переходов. Эффективность и время затухания флуоресценции. Тушение флуоресценции. Зависимость флуоресценции от температуры. Эффективность и время затухания фосфоресценции. Регистрация света люминесценции. Анизотропия флуоресценции. Временная шкала молекулярных процессов в растворах. Измерение квантового выхода флуоресценции. Чувствительность метода флуоресценции.

Тема 16. Искажение спектров поглощения и испускания.

Исправленные спектры флуоресценции. Коррекция с использованием стандартных ламп. Переход от длин волн к волновым числам. Влияние условий освещения образца. Импульсное измерение времени затухания и используемая аппаратура. Импульсные лампы. Импульсный стробоскопический метод. Метод счета единичных фотонов. Измерение времени затухания флуоресценции по фазовым сдвигам и демодуляция. Модуляторы света.

Тема 17. Фазочувствительный метод регистрации флуоресценции.

Анализ гетерогенной флуоресценции. Поляризация флуоресценции. Определение поляризации и анизотропии. Возбуждение и фотоотбор флуорофоров. Спектры поляризации флуорофоров. Анализ электронных состояний по спектрам поляризации. Схема измерения анизотропии. Однолучевой метод (L-формат). Двухлучевой метод (T-формат). Сравнение методов. Причины деполяризации флуоресценции.

Тема 18. Кинетика люминесценции.

Определение констант скорости фото процессов. Уравнение Штерна-Фольмера. Реакции, лимитируемые диффузией. Процессы переноса энергии. Кинетика флуоресценции в твердой фазе. Кинетика фосфоресценции. Кинетика замедленной флуоресценции. Методы изучения кинетики люминесценции. Импульсные методы. Фазово-модуляционные флуориметры. Кинетика затухания анизотропии флуоресценции. Несимметричные флуорофоры. Флуорофоры с затрудненным вращением. Сегментальная подвижность флуорофора.

3.4. Лабораторный практикум

№п/п	Наименование лабораторных работ
1	Моделирование оптического спектра поглощения на примере спектра <i>o</i> -азидобензойной кислоты
2	Исследование фотохимической <i>транс-цис</i> -изомеризации азобензола
3	Фотораспад ароматических азидов. Влияние концентрации азида на выход продуктов реакции.
4	Основы флуоресцентной спектроскопии. Регистрация спектров флуоресценции и возбуждения нафталина.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к устному опросу, контрольным работам и тестам.

К форме текущего контроля успеваемости дисциплины относится **экзамен**.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде комплексного экзамена, на котором определяются:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

К экзаменам допускаются обучающиеся, выполнившие все лабораторные работы на момент сдачи экзамена, имеющие зачетные преподавателем, ведущим лабораторные занятия, отчеты по темам лабораторных работ.

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности 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 обучающегося от ответа	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 негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программой подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программой подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<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	При решении	Имеется	Продemonстри	Продemonстри	Продemonстр	Продemonстр

	<p>владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа</p>	<p>стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.</p>	<p>минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами</p>	<p>рованы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами</p>	<p>рованы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.</p>	<p>рованы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.</p>	<p>рованы творческий подход к решению нестандартных задач</p>
--	--	---	--	--	--	--	---

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Вопросы к экзамену по дисциплине «Экспериментальные методы химии высоких энергий»:

Вопросы	Код формируемой компетенции
<p>Введение в курс "Экспериментальные методы фотохимии". Сравните фотохимическую активацию с термической. Единицы энергии излучения. Какой диапазон длин волн важен в органической фотохимии, почему? Законы фотохимии. Диаграмма Яблонского.</p>	ПК-1-н, ПК-2-н
<p>Физическая и химическая природа электронно-возбужденных состояний. Электронно-колебательные состояния, процессы возбуждения и дезактивации для органической молекулы. Закон Бугера-Ламберта-Бера, отклонение от него. Молярный коэффициент экстинкции. Интенсивности электронных переходов. Хромофоры, гипсохромный и батохромный сдвиг. Типы и характеристики электронных переходов. Принцип Франка-Кондона. 0-0-полосы. Влияние на электронный спектр поглощения температуры образца. Изобестическая точка.</p>	ПК-2-н, ПК-3-н
<p>Процесс испускания света. Понятия флуоресценции и фосфоресценции. Зеркальная симметрия спектров поглощения и испускания (флуоресценции). Связь времени жизни с молярный коэффициент экстинкции.</p>	ПК-2-н, ПК-3-н
<p>Источники света Типы и особенности газоразрядных источников света. Лампы накаливания типы и особенности использования. Принцип работы лазера, Использование лазеров в фотохимии, получение гигантских импульсов. Требования к монохроматичности излучения. Количественная и препаративная фотохимия.</p>	ПК-2-н, ПК-1-о
<p>Способы монохроматизации света. Способы монохроматизации света. Типы светофильтров, преимущества и недостатки. Монохроматоры. Конструкции монохроматоров. Основными характеристиками монохроматора. Материалы для фотохимических приборов. Прозрачность растворителей. Типы приемников излучения. Параметрами характеризующие свойства и возможности приемников различных типов.</p>	ПК-1-н, ПК-2-н, ПК-3-н

<p>Измерение интенсивности света. Химические актинометры.</p> <p>Фотоэлектрические приемники. Типы. Внешний фотоэлектрический эффект (фотоэлектронная эмиссия). Фототок. Длинноволновая граница. Старение фотоприемников. Тепловым приемники и их особенности. Химические актинометры. Их сравнение с фотоэлектрическими и тепловыми приемниками. Определение интенсивности монохроматического света при помощи ферриоксалатного актинометра.</p>	ПК-1-о
<p>Аппаратура для фотохимических реакций. Исследование механизма фотохимической реакции.</p> <p>Аппаратура препаративного фотохимического синтеза. Типы реакторов. Использование «ловушек» свободных радикалов при изучении первичных реакции фотохимического распада. Какие типы «ловушек» вы знаете? Влияние кислорода на фотохимические реакции. Применение метода ЭПР в фотохимии. Метод спиновых ловушек. Метод спинового зонда. Метод спиновой метки.</p>	ПК-1-о
<p>Фотосенсибилизация.</p> <p>Фотосенсибилизация. Механизмы переноса энергии. Измерение квантовых выходов фотохимических реакций. Первичные и вторичный квантовый выход. Импульсный фотолиз. Типы установок импульсного фотолиза. Принципиальная схема кинетической установки импульсного фотолиза. Принципиальная схема спектрографической установки импульсного фотолиза. Исследование триплетных состояний молекул методом импульсного фотолиза. Применение импульсного фотолиза для измерения флуоресценции. Применение импульсного фотолиза для изучения промежуточных продуктов.</p>	ПК-1-н, ПК-2-н, ПК-3-н
<p>Люминесценция.</p> <p>Люминесценция. Скорости переходов. Регистрация света люминесценции. Эффективность и время затухания флуоресценции. Тушение флуоресценции. Зависимость флуоресценции от температуры. Эффективность и время затухания фосфоресценции. 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.</p>	ПК-1-н, ПК-2-н
<p>Искажение спектров поглощения и испускания.</p> <p>Поляризация флуоресценции. Определение поляризации и анизотропии. Возбуждение и фотоотбор флуорофоров. Спектры поляризации флуорофоров. Схема измерения анизотропии. Сравнение методов. Причины деполяризации флуоресценции. Несимметричные флуорофоры. Флуорофоры с затрудненным вращением. Сегментальная подвижность флуорофора. Флуоресцентные методы в биохимии. Оценка микровязкости клеточных мембран. Вращательная диффузия белков. Реакции ассоциации.</p>	ПК-2-н, ПК-3-н
<p>Применение.</p> <p>Фотолиитография. Позитивные и негативные фоторезисты.</p>	ПК-1-н, ПК-1-о

5.2.2. Типовые тестовые 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. Хромофоры, гипсохромный и батохромный 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.
13. Фотосенсибилизация. Механизмы переноса энергии.
14. Измерение квантовых выходов фотохимических реакций. Первичные и вторичный квантовый выход.
15. Исследование триплетных состояний молекул методом импульсного фотолиза. Применение импульсного фотолиза для измерения флуоресценции. Применение импульсного фотолиза для изучения промежуточных продуктов.
16. Люминесценция. Скорости переходов. Регистрация света люминесценции.
17. Эффективность и время затухания флуоресценции. Тушение флуоресценции. Зависимость флуоресценции от температуры.
18. Эффективность и время затухания фосфоресценции.
19. Искажение спектров поглощения и испускания. Исправленные спектры флуоресценции.
20. Влияние условий освещения образца. Импульсное измерение времени затухания и используемая аппаратура.
21. Измерение времени затухания флуоресценции по фазовым сдвигам и демодуляция. Модуляторы света.
22. Фазочувствительный метод регистрации флуоресценции.
23. Поляризация флуоресценции. Определение поляризации и анизотропии.
24. Возбуждение и фотоотбор флуорофоров. Спектры поляризации флуорофоров. Схема измерения анизотропии. Сравнение методов. Причины деполяризации флуоресценции.

5.2.3. Типовые задания/задачи 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.

5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3-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.

5.2.5. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1-о

1. Фотолитография. Позитивные и негативные фоторезисты.
2. Флуоресцентные методы в биохимии. Оценка микровязкости клеточных мембран. Вращательная диффузия белков. Реакции ассоциации.
3. Лампы накаливания типы и особенности использования.
4. Влияние кислорода на фотохимические реакции.
5. Импульсный фотолиз. Типы установок импульсного фотолиза.

5.2.6. Предполагаемые темы рефератов

1. Чёрно-белая плёночная фотография
2. Фотодинамическая терапия
3. Фотоэлектрохимия
4. Фотолитография и фоторезисты. Позитивные и негативные фоторезисты
5. Фотохимия зрения
6. Фотохимическое запасание солнечной энергии
7. Синтетическая фотохимия
8. Фотосинтез
9. Электромагнитное излучение. Методы передачи, вычисление энергии кванта.
10. Флуоресценция и фосфоресценция.
11. Фотолитография. Позитивные и негативные фоторезисты.
12. Применение метода ЭПР в фотохимии. Метод спиновых ловушек. Метод спинового зонда. Метод спиновой метки.
13. Способы монохроматизации света. Типы светофильтров, преимущества и недостатки.
14. Законы фотохимии.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Теоретическая подготовка к практическим занятиям и промежуточной аттестации может осуществляться по следующим литературным источникам:

а) основная литература:

1. Реутов, О. А. Органическая химия : в 4 ч. Ч. 4: Учебное пособие / Реутов О.А., Курц Л.А., Бутин К.П., - 4-е изд., (эл.) - Москва :Лаборатория знаний, 2017.
2. Теренин, В. И. Практикум по органической химии / В. И. Теренин, М. В. Ливанцов, Л. И. Ливанцова [и др.] ; под ред. Н. С. Зефирова. — 4-е изд., электрон. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 571 с. — (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-00101-781-3. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/1093257>
3. Тоуб, М. Механизмы неорганических реакций / Тоуб М., Берджесс Д., - 3-е изд., (эл.) - Москва :Лаборатория знаний, 2017. - 683 с.: ISBN 978-5-00101-505-5. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/542589>
4. Травень, В. Ф. Органическая химия : в 3 т. Т. 1 / Травень В.Ф., - 4-е изд., (эл.) - Москва :БИНОМ. ЛЗ, 2015. - 401 с.: ISBN 978-5-9963-2939-7. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/500800>
5. Гржегоржевский, К. В. Основы молекулярной спектроскопии: спектры оптического поглощения и люминесценции, применение в изучении полиоксометаллатных нанокластеров: Учебное пособие / Гржегоржевский К.В., Остроушко А.А., - 2-е изд., стер. - Москва :Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 210 с. ISBN 978-5-9765-3083-6. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniyum.com/catalog/product/947274>
6. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php.pl1_cid=25&pl1_id=4037.

б) дополнительная литература:

1. Введение в фотохимию органических соединений, под ред. Г.О.Беккера, Химия, Ленинград, 1976, 384 с.
2. Н.Турро, Молекулярная фотохимия, Мир, Москва, 1967, 328 с.
3. Дж.Барлтроп, Дж.Койл, Возбужденные состояния в органической химии, Мир, Москва, 1978, 446 с.
4. Дж.Калверт, Дж.Питтс. Фотохимия. М., Мир, 1968, С.628.
5. Экспериментальные методы химической кинетики /Под ред. Н.М. Эмануэля и М.Г. Кузьмина. - М.: Изд-во МГУ, 1985.
6. Экспериментальные методы в фотохимии и фотофизике : Пер. с англ. В 2-х т. / Я. Рабек ; Под ред. А. Ю. Борисова, М. Мир 1985
7. Портер Дж., Вест М. А. Импульсный фотолиз. — В кн.: Методы исследования быстрых реакций. Под ред. Хэммиса Г. М., 1977.
8. Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. М.: Мир, 1986.
9. Окабе Х. Фотохимия малых молекул. М., Мир, 1981, С.157.
10. Багдасарьян Х.С. Двухквантовая фотохимия.- М.: Наука, 1976.
11. Барачевский В.А., Лашков Г.И., Цехомский В.А. Фотохромизм и его применение. - М.: Химия, 1977.
12. Ванников А.В., Гришина А.Д. Фотохимия полимерных донорно-акцепторных комплексов. - М.: Наука, 1984.
13. Дьюар М., Догерти Р. Теория возмущений молекулярных орбиталей в органической химии. - М.: Мир, 1977.
14. Капинус Е.И. Фотоника молекулярных комплексов. - Киев, Наукова думка, 1988.
15. Кричевский Г.Е. Фотохимические превращения красителей и свето-стабилизация окрашенных материалов. - М.: Химия, 1986.
16. Крюков А.И., Шерстюк В.П., Дилунг И.И. Фотоперенос электрона и его прикладные аспекты. - Киев, Наукова думка, 1982.
17. Теренин А.Н. Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений. - Л.: Наука, 1967.

18. Успехи научной фотографии /Под ред. К.В. Чибисова. - М.: Наука, 1972, - Т.16; 1978, - Т.19; 1980, - Т.20; 1989, - Т.25.
19. Фотохимические процессы в слоях /Под ред. А.В. Ельцова. - Л.: Химия, 1978.
20. Эмануэль Н. М., Кнорре Д. Г. Курс химической кинетики. М., 1984.
21. Энергетические ресурсы сквозь призму фотохимии и катализа/Под ред. А.Е. Шилова и К.И. Замараева. - М.: Мир, 1986.
22. М.В.Волькенштейн, Л.А.Грибов, М.А.Ельяшевич, Б.И.Степанов. Колебания молекул. 2-е издание, Физматгиз. М. 1972.
23. Л.А.Грибов. Введение в молекулярную спектроскопию. Физматгиз. М. 1976.
24. М.Е.Эляшберг, Л.А.Грибов, В.В.Серов. Молекулярный спектральный анализ и ЭВМ. Наука, М. 1980.
25. Л.В.Вилков, Ю.А.Пентин. Физические методы исследования в химии. Т. 1, ВШ, М. 1987, т.2, ВШ, М. 1989.
26. Л.А.Грибов, В.И.Баранов, Д.Ю.Зеленцов. Электронно-колебательные спектры молекул. Наука, М. 1997.
27. Л.А.Грибов, А.И.Павлючко. Вариационные методы решения ангармонических задач в теории колебательных спектров молекул. Наука, М. 1998.
28. «Методы исследования быстрых реакций» под ред. Г. Хэммиса, М.: Мир, 1977.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://hi-edu.ru/e-books/xbook762/01/topicsw.htm>

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой также предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии на сайтах издательств «Юрайт» (<http://www.urait.ru/>) и электронных библиотечных системах ННГУ (<http://www.lib.unn.ru/ebs.html>), доступ к которым предоставлен студентам. Сайты издательств содержат произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонды библиотек сформированы с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения студентов названной дисциплине имеются в наличии специальный кабинет с необходимым оборудованием и программным обеспечением (306, 306(б), 306(а) ауд, 5 корпус).

Материально-техническое обеспечение лабораторного практикума - лаборатория органического синтеза, оснащенная оборудованием: вытяжные шкафы; штативы с лапками и кольцами; химическая посуда общего и специального назначения; механические верхнеприводные мешалки; сушильный шкаф; вакуумный насос; водоструйные насосы; ротационный испаритель; дистиллятор; технические и аналитические весы; приборы для определения температур плавления и кипения; рефрактометр; ртутные термометры; набор химических реактивов. Ртутно-кварцевые лампы низкого и высокого давления, светофильтры. Фурье ИК-спектрометр, жидкостной хроматограф, спектрофлуориметр и УФ/Вид спектрометр.

Материально-техническое обеспечение лекционных и семинарских занятий: видеопроектор, ноутбук, переносной экран, проектор, доска.

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 ВО ННГУ. Приказ ННГУ от 13.05.2020г. № 275-ОД «О введении в действие образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»

Автор:

к.х.н., доцент _____ Будруев А.В.

Рецензент:

С.н.с. ИМХ РАН, д.х.н. _____ Скатова А.А.

Заведующий кафедрой физической химии

д.х.н., профессор _____ Маркин А.В.