

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

Введение в химию высоких энергий

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

04.03.01 - Химия

Направленность образовательной программы

Химия и материаловедение

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.01.07 Введение в химию 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 выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	<p>ПК-1-н-1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР</p> <p>ПК-1-н-2: Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР</p> <p>ПК-1-н-3: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР</p> <p>ПК-1-н-4: Готовит объекты исследования</p>	<p>ПК-1-н-1:</p> <p>Знать: основные концепции современной химии высоких энергий: механизмы взаимодействия высокоэнергетических излучений с веществом; величины, характеризующие высокоэнергетическое излучение и его взаимодействие с веществом; основные законы фотохимии; фотофизические способы дезактивации (перехода в основное состояние) возбужденных состояний молекул; особенности применения методов расчетов поверхностей потенциальной энергии в химии высоких энергий; принципы построения поверхностей потенциальной энергии молекул в различных электронных состояниях; механизмы реакций разложения веществ под действием высокоэнергетического излучения; механизмы реакций с участием молекул в возбужденных состояниях</p> <p>Уметь: выбирать методы исследования в химии высоких энергий; использовать методы расчета молекул в возбужденных состояниях</p>	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>методами современной квантовой химии; оценивать результаты исследований с точки зрения применений химии высоких энергий в других областях химии и химической технологии; планировать научно-исследовательские исследования в химии высоких энергий .</p> <p>Владеть приемами работы на компьютерах с современными программными комплексами, позволяющими рассчитывать свойства молекул в возбужденных состояниях; приемами работы со спектральными приборами в области химии высоких энергий; приемами расшифровки спектров поглощения и испускания.</p> <p>ПК-1-н-2: Знать об особенностях химической информации в области химии высоких энергий; какие информационные (сетевые) ресурсы существуют в фотохимии, спектроскопии и плазмохимии, фотолитографии.</p> <p>Уметь осуществлять поиск химической информации о свойствах молекул в возбужденных состояниях и их реакциях; систематизировать и анализировать информацию о химии высоких энергий; использовать специализированные базы знаний и базы данных в области химии высоких энергий.</p> <p>Владеть приемами работы в информационных сетях по поиску новой химической</p>		
--	--	--	--	--

		<p>информации в области химии высоких энергий; приемами организации собственных хранилищ химической информации в области химии высоких энергий; приемами анализа результатов информационного поиска в химии высоких энергий.</p> <p>ПК-1-н-3:</p> <p>Знать об особенностях функционирования научного и технологического оборудования в области фотохимии, спектроскопии и плазмохимии, фотолитографии.</p> <p>Уметь планировать и проводить экспериментальные и теоретические исследования в области фотохимии, спектроскопии и плазмохимии, фотолитографии.</p> <p>Владеть основными теоретическими и экспериментальными методами получения новых результатов в области фотохимии, спектроскопии и плазмохимии, фотолитографии.</p> <p>ПК-1-н-4:</p> <p>Знать об особенностях функционирования научного и технологического оборудования в области фотохимии, спектроскопии и плазмохимии, фотолитографии.</p> <p>Уметь планировать и проводить экспериментальные и теоретические исследования в области фотохимии, спектроскопии и плазмохимии, фотолитографии.</p> <p>Владеть основными теоретическими и</p>		
--	--	--	--	--

		экспериментальными методами получения новых результатов в области фотохимии, спектроскопии и плазмохимии, фотолитографии.		
ПК-1-т: Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	<p>ПК-1-т-1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР</p> <p>ПК-1-т-2: Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР</p> <p>ПК-1-т-3: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР</p> <p>ПК-1-т-4: Готовит объекты исследования</p>	<p>ПК-1-т-1:</p> <p>Знать о существующих технологических задачах по применению средств химии высоких энергий для решения прикладных задач, в частности фотолитографии и плазмохимических обработок.</p> <p>Уметь применять полученные теоретические и экспериментальные знания в области химии высоких энергий для решения задач прикладной науки и технологии, например фотолитографии, научных основ создания новых резистных составов, фотополимеризующихся композиций, материалов и способов увеличения плазмохимической устойчивости материалов в различных материалах.</p> <p>Владеть: Способами научного поиска новых фотолитографических процессов и материалов для их осуществления; методами проведения теоретических и экспериментальных исследований в области химии высоких энергий для усовершенствования литографических технологий.</p> <p>ПК-1-т-2:</p> <p>Знать о существующих технологических задачах по применению средств химии высоких энергий для решения прикладных задач, в частности фотолитографии</p>	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>и плазмохимических обработок.</p> <p>Уметь применять полученные теоретические и экспериментальные знания в области химии высоких энергий для решения задач прикладной науки и технологии, например фотолитографии, научных основ создания новых резистных составов, фотополимеризующихся композиций, материалов и способов увеличения плазмохимической устойчивости материалов в различных материалах.</p> <p>Владеть научными основами получения новых материалов и процессов методами химии высоких энергий</p> <p>ПК-1-т-3: Знать о существующих методах решения технологических задач по применению средств химии высоких энергий для решения прикладных задач, в частности фотолитографии и плазмохимических обработок.</p> <p>Уметь применять полученные знания в области химии высоких энергий для решения задач прикладной науки и технологии, например фотолитографии, научных основ создания новых резистных составов, фотополимеризующихся композиций, материалов и способов увеличения плазмохимической устойчивости материалов в различных материалах.</p> <p>Владеть приемами использования материалов химии высоких энергий в</p>		
--	--	---	--	--

		<p>разработке новых технологических решений в области микроэлектроники</p> <p>ПК-1-т-4: Знать о существующих методах решения технологических задач, необходимых приборах и материалах по применению средств химии высоких энергий для решения прикладных задач, в частности фотолитографии и плазмохимических обработок.</p> <p>Уметь применять полученные знания в области химии высоких энергий для работы на оборудовании с использованием необходимых материалов для решения задач прикладной науки и технологии, например фотолитографии, научных основ создания новых резистных составов, фотополимеризующихся композиций, материалов и способов увеличения плазмохимической устойчивости материалов в различных материалах.</p> <p>Владеть приемами использования материалов и приборов химии высоких энергий в разработке новых технологических решений в области микроэлектроники</p>		
<p>ПК-2-н: Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы</p>	<p>ПК-2-н-1: Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)</p>	<p>ПК-2-н-1: Знать об особенностях поиска информации в области химии высоких энергий и особенностях описания соответственной информации при помощи ключевых слов.</p> <p>Уметь определять наиболее важные понятия и объекты химии высоких энергий,</p>	<p>Задания</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

		<p>создавая наборы релевантных ключевых слов и выражений.</p> <p>Владеть способами эффективной работы с информационными потоками в химии высоких энергий и их адекватном хранении и представлении.</p>		
<p>ПК-3-н: Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов</p>	<p>ПК-3-н-1: Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики веществ и материалов</p> <p>ПК-3-н-2: Составляет отчеты о выполненной работе по заданной форме</p>	<p>ПК-3-н-1:</p> <p>Знает о наиболее перспективных областях применения фотохимически исследований экспериментального и теоретического типа, а также о перспективах их использования.</p> <p>Умеет проводить критический анализ результатов теоретического и экспериментального материала в химии высоких энергий.</p> <p>Владеет экспериментальными и теоретическими методами исследования в области химии высоких энергий</p> <p>ПК-3-н-2:</p> <p>Уметь проводить оценку результатов НИР в химии высоких энергий, с целью выявления возможности их практического применения; проводить сравнение полученных результатов НИР с литературными данными; использовать результаты НИР в химии высоких энергий в микрофотографическом изготовлении изделий микроэлектроники, микрофлюидики, модификации поверхностей, утилизации отходов производства, контроля окружающей среды; уметь определять дальнейшее направление исследований с учетом полученных в ходе</p>	<p>Задания</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>НИР результатов.</p> <p>Знать способы оценки результатов НИР в области химии высоких энергий; способы компьютерного поиска результатов исследования возбужденных состояний в научно-технической и патентной литературе и информационных сетях; требования к оформлению результатов исследования в химии высоких энергий; способы изменений направлений исследований в химии высоких энергий в зависимости от полученных результатов; способы вычленения из результатов исследований в химии высоких энергий для практического использования; способы патентования результатов НИР в химии высоких энергий.</p> <p>Владеть основами компьютерного поиска результатов исследования возбужденных состояний в научно-исследовательской и патентной литературе и информационных сетях; способами реализации результатов исследования в химии высоких энергий в виде научных статей, выступлений на конференциях и патентов.</p>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	9
Часов по учебному плану	324
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	160
- КСР	2
самостоятельная работа	44
Промежуточная аттестация	54 Экзамен

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
Тема 1. Предмет химии высоких энергий.	12	2	8	10	2
Тема 2. Классификация процессов химии высоких энергий. Первичные и вторичные процессы в химии высоких энергий.	12	2	8	10	2
Тема 3. Генерирование возбужденных состояний под действием света.	14	2	8	10	4
Тема 4. Фотофизические процессы распада возбужденных состояний.	16	4	8	12	4
Тема 5. Метод поверхностей потенциальной энергии как основа теоретического исследования реакций химии высоких энергий.	27	8	15	23	4
Тема 6. Реакции изомеризации и перегруппировки.	20	6	12	18	2
Тема 7. Реакция замещения с участием возбужденных состояний.	20	6	10	16	4
Тема 8. Перенос атомов в химии высоких энергий.	24	4	12	16	8
Тема 9. Окислительно-восстановительные реакции в химии высоких энергий.	27	6	17	23	4
Тема 10. Реакции фотохимического присоединения и фотополимеризации.	20	6	10	16	4
Тема 11. Роль радикальных и бирадикальных частиц в химии высоких энергий.	18	4	12	16	2
Тема 12. Литография как раздел химии высоких энергий.	32	10	20	30	2
Тема 13. Перспективные направления химии высоких энергий.	26	4	20	24	2
Аттестация	54				
КСР	2				2
Итого	324	64	160	226	44

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Предмет химии высоких энергий.

Предмет химии высоких энергий и особенности химии высоких энергий как науки. Фотохимия, плазмохимия, радиационная химия, микроволновая химия - понятие об основных направлениях ее развития. Место химии высоких энергий в системе химических наук. Основные направления развития

химии высоких энергий.

Тема 2. Классификация процессов химии высоких энергий.

Первичные и вторичные процессы в химии высоких энергий. Фотофизические и фотохимические процессы.

Тема 3. Генерирование возбужденных состояний под действием света.

Взаимодействие света с веществом. Теория Планка, Эйнштейна. Нестационарная теория возмущений.

Взаимодействие вещества с радиацией и плазмой. Микроволны и их использование в химии.

Тема 4. Фотофизические процессы распада возбужденных состояний. Поглощение и испускание света, перенос энергии межмолекулярный и внутримолекулярный. Правила запрета на протекание фотофизических процессов. Флуоресценция и фосфоресценция. Лазеры. Фотосенсибилизация.

Тема 5. Метод поверхностей потенциальной энергии как основа теоретического исследования реакций химии высоких энергий. Понятие о поверхностях потенциальной энергии в основном и возбужденном состояниях. Фотофизические процессы как переходы между поверхностями потенциальной энергии различных энергетических уровней. Классификация возбужденных состояний.

Тема 5. Метод поверхностей потенциальной энергии как основа теоретического исследования реакций химии высоких энергий.

Тема 6. Реакции фотохимической изомеризации и перегруппировки.

Тема 7. Реакция замещения с участием возбужденных состояний. Особенности фотохимических и термических реакций замещения.

Тема 8. Перенос атомов в химии высоких энергий. Перенос атомов водорода, кислорода, хлора. Перенос атомов как основа химии атмосферы. Роль переноса атомов в реакциях инициирования в полимерной химии. Роль туннельных механизмов переноса.

Тема 9. Окислительно-восстановительные реакции в химии высоких энергий. Фотоперенос электрона. Фотоионизация в фотохимии неорганических соединений и полупроводников.

Тема 10. Реакции фотохимического присоединения и фотополимеризации. Роль структурно-химических факторов для описания фотохимических реакций, в том числе и для реакций в системах с ограниченной подвижностью реагентов. Классификация реакций фотоприсоединения. БИФотохимическое инициирование реакций полимеризации.

Тема 11. Роль радикальных и бирадикальных частиц в химии высоких энергий. Радикальные реакции в фотохимии и инициирование реакций полимеризации. Роль бирадикалов. Карбены, нитрены, нитросоединения в возбужденном состоянии, нитрозооксидов. Частицы в триплетном и синглетном возбужденных состояниях. Правила запрета и интеркомбинационная конверсия.

Тема 12. Литография как раздел химии высоких энергий.

Роль литографических методов в микроэлектронике. Основные понятия и законы фотолитографии, рентгеновской литографии и электронной литографии. Чувствительность, разрешающая способность, однослойные и многослойные методы литографии. Плазмостойкость изделий фотолитографии.

Тема 13. Перспективные направления химии высоких энергий.

Нанотехнологии. Микроволновые технологии. Плазмохимические методы формирования и модифицирования сформированных литографических структур

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 48 ч.

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.

Зеленцов С.В., Зеленцова Н.В. Современная фотолитография: Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Новые материалы электроники и оптоэлектроники для информационно-телекоммуникационных систем». - Нижний Новгород, ННГУ, 2006. - 56 с.

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:

Задание 1. Опишите научные основы плазмохимического получения неорганических материалов.

Задание 2. Опишите механизмы фотоокисления при облучении кристаллических оксидов.

Задание 3. Опишите механизмы, лежащие в основе применения халькогенидных пленок в качестве фоторезистов.

Задание 4. Опишите механизмы образования изображения в галогенсеребрянных материалах.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1-т:

Задание 1. Охарактеризуйте фотолитографические процессы на основе привитой полимеризации.

Задание 2. Опишите способы увеличения плазмостойкости резистных масок фоторезистов.

Задание 3. Опишите наиболее актуальные проблемы современной фотолитографии.

Задание 4. Опишите наиболее актуальные проблемы современной электронной литографии.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

Задание 1. Опишите физико-химические основы получения изображения в позитивных фоторезистах.

Задание 2. Опишите физико-химические основы получения изображения в негативных фоторезистах.

Задание 3. Опишите механизмы отрыва атома водорода возбужденными молекулами.

Задание 4. Опишите методы фотостабилизации полимерных материалов.

Задание 5. Опишите формализм фотохимической кинетики с использованием дифференциальной формы закона Бугера-Ламберта-Бера в приближении ограниченной подвижности реагентов.

Задание 6. В чем состоит значение квантово-химических исследований для плазмохимии.

Задание 7. В чем состоит значение квантовой химии в фотохимии.

Задание 8. Опишите стратегию поиска переходных состояний в химии высоких энергий при помощи методов квантовой химии.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н:

Задание 1. Изучите механизмы фотохимического инициирования образования полимерных материалов.

Задание 2. Опишите механизм плазмохимического образования полимеров из паров мономеров.

Задание 3. Предложите алгоритм проведения квантово-химических исследований в химии высоких энергий.

Задание 4. Оцените роль синглетного кислорода в реакциях фотоокисления органических веществ.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задание выполнено полностью, студент выполнил задание и показал знание теоретического материала для его выполнения
не зачтено	Студент не выполнил задание и не знает теоретического материала для его выполнения и способов его использования

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 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 программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.

	отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	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»

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

Основная литература:

1. Зеленцов Сергей Васильевич. Введение в фотохимию : учебное пособие / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2006. - 183 с. - В надзаг.: Национальный проект "Образование". Инновационная образовательная программа Нижегород. ун-та. - ISBN 5-85746-930-9 : 27-00., 2 экз.
2. Зеленцов С. В. Фотохимические реакции органических соединений : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2007. - 188 с. - 26.00., 2 экз.
3. Бугаенко Ленар Тимофеевич. Химия высоких энергий / под общ. ред. Л. С. Полака. - М. : Химия, 1988. - 364, [1] с. : ил. - ISBN 5-7245-0101-5 (в пер.) : 3.90., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Барлтроп Дж. Возбужденные состояния в органической химии / пер. с англ. М. В. Козьменко, Н. А. Садовского ; под ред. М. Г. Кузьмина. - М. : Мир, 1978. - 446 с. : ил. - 2.80., 1 экз.

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

Программный комплекс NWChem 6.8, Gaussian 03.

<http://www.chem.msu.su/rus/teaching/kinetics-exp/photochem/photochem.pdf>

<http://www.photonics.ru/common/history.aspx>

<https://edu.epfl.ch/coursebook/en/photochemistry>

<https://www.degruyter.com/downloadpdf/>

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: реактивы и химическая посуда

кварцевые				реакторы
источники				сетом
УФ		облучения	УФ	спектрофотометр
ИК-Фурье				сектрофотометр
Установка		плазмохимической		обработки
диодные		источники		света
установка	для	определения	квантового	выхода
набор светофильтров				

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/специальности 04.03.01 - Химия.

Автор(ы): Зеленцов Сергей Васильевич, доктор химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

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