

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра органической химии

Авторы-составители: **Абашев Георгий Георгиевич
Шкляева Елена Викторовна
Лунегов Игорь Владимирович**

Рабочая программа дисциплины

СОПРЯЖЕННЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Код УМК 91929

Утверждено
Протокол №2
от «31» августа 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Сопряженные полимеры для органической электроники

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.04.03** Радиофизика
направленность Электроника, микро- и наноэлектроника

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Сопряженные полимеры для органической электроники** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.04.03 Радиофизика (направленность : Электроника, микро- и наноэлектроника)

ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач

ПК.3 способность применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.04.03 Радиофизика (направленность: Электроника, микро- и наноэлектроника)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	1
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лекционных занятий	24
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	24
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (3) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (1 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Сопряженные полимеры для органической электроники

Молекулярная электроника – наука об электронных свойствах молекулярных материалов и возможности их применения в электронике, как элементов и приборов для записи, хранения и передачи информации.

Известно, что полимеры – линейная одномерная цепочка малых молекул, связанных ковалентными связями. Соответствующие энергетические уровни молекул расщепляются, образуя широкие зоны, их ширина определяется интегралом перекрытия и составляет несколько эВ. В трехмерном веществе, составленном из полимерных цепей, существует межцепочечное взаимодействие, но оказывается гораздо более слабым, поэтому такие вещества можно рассматривать как сильно анизотропные квазиодномерные структуры [Молекулярная электроника, Н.В.Агринская, ФТИ РАН 2002].

Открытие Хигера, Макдиармида и Х.Ширакава состоит в опровержении общепринятого мнения, что пластмассы (полимеры) могут быть только изоляторами. Они показали, что при определенных условиях сопряженные полимеры (т.е. полимеры с чередующимися двойными, тройными и одинарными углеродными связями) могут обладать проводимостью близкой к металлической. Изучение проводящих процессов в поли(ацетилене) привело к созданию модели, в которой проводимость связана не с движением внедренных между полимерными цепями ионов, а с движением в полимерной цепи неких заряженных частиц, (образованных зарядами, поставляемыми легирующей примесью) – солитонов и поляронов, способных свободно перемещаться по цепи.

Легируемые полимеры используются в настоящее время в качестве различных антистатических покрытий, электромагнитных экранов, в литографических процессах, и др. В электрохимически легируемых полимерах процесс легирования и делегирования может управляться внешним напряжением, что используется для создания легких аккумуляторных батарей.

Нелегируемые полимеры обладают полупроводниковыми свойствами, в них можно инжектировать носители заряда из электродов. Уже создан полностью полимерный (а значит гибкий) полевой транзистор, однако, вследствие низкой подвижности носителей (10^{-2} - 0.5 см²/В•с) он имеет ограниченный диапазон рабочих частот (до 100КГц). Разрабатываются полностью полимерные интегральные схемы, которые могут заменить в некоторых случаях (например, в кодовых электронных замках) кремниевые микросхемы. К «ярким» применениям можно отнести полимерные светодиоды (LED). Обычно LED состоит из проводящего полимера в качестве электрода с одной стороны, полупроводникового полимера в центре и полупрозрачного электрода. Полимерные LED имеют эффективность преобразования от 4 до 20% (что сравнимо с соответствующими параметрами кристаллических светодиодов) и излучают во всем видимом диапазоне, смеси полимеров могут излучать белый свет. В настоящее время разработаны светящиеся дорожные знаки, плоские дисплеи в различных приборах. В ближайшее время, по-видимому, станут реальностью плоские ТВ экраны на основе полимерных LED, светящиеся белым, внутренние стены помещений и многое другое.

Для изготовления легких и пластичных полимерных фотодиодов и солнечных элементов необходимо, чтобы полимерная структура имела два важных свойства: высокий коэффициент поглощения (в видимой и ближней ИК области спектра, соответствующей солнечному спектру) и высокую эффективность разделения зарядов (время разделения зарядов должно быть меньше времен их излучательной и безизлучательной рекомбинации).

Одной из причин большого коммерческого потенциала проводящих и полупроводниковых полимеров является тот факт, что они могут быть произведены быстро, дешево и в больших количествах. с помощью добавления красителей могут работать во всех областях спектра; низкие рабочие напряжения –до 10 В;

широкий угол обзора (по сравнению с ЖК мониторами); быстрый фотоответ; легкость конструкции; высокая эффективность излучения.

Электрохимическое окисления органических соединений как метод исследования электроактивности органических соединений

Циклическая вольтамперометрия (ЦВА) - это метод, используемый для анализа органических соединений. В том случае, если этот метод сочетается со спектроскопией в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях (УФ-Вид-БИК), а так же с флуоресцентной спектроскопией можно получить такую важную и полезную информацию, как сродство к электрону, потенциал ионизации, энергии запрещенной зоны, тип заряда-носителя и информацию о деградации, на основании которых можно будет сказать, можно или нет использовать данные сопряженные полимеры или малые молекулы, обладающие протяженной цепью сопряжения использовать как материал при создании стабильных органических электронных устройств. Анализ влияния молекулярной структуры на генерацию носителей заряда, а также динамику и поддержание баланса инжектированных носителей заряда, как положительных (дырки), так и отрицательных (электроны), имеет решающее значение для повышения эффективности и стабильности органических соединений. устройств. Это обеспечивает эффективную рекомбинацию этих отдельных зарядов и, следовательно, значительно улучшает эффективность фотолюминесценции органических светоизлучающих диодов (OLED). Для органических фотоэлектрических элементов (OPV), а также для органических полевых транзисторов (OFET) необходимы материалы с высокой подвижностью носителей заряда. Помимо анализа подвижности носителей заряда, несколько важных параметров органических электроактивных материалов помогают предсказать, где материал может быть использован: потенциал ионизации (IP), уровни энергии сродства к электрону (EA) и запрещенная зона между ними.

Изучение электрохимического окисления органического исследуемого органического соединения методом циклической вольтамперометрии

Цель выполняемой работы освоение исследования электрохимического сопряженных органических гетероциклических систем. Электрохимическая полимеризация органических соединений. Выполнение работы включает следующие этапы:

- расчет навески, необходимой для приготовления 10 мл раствора нужной концентрации (10 – 3 моль/.л);
- взвешивание на аналитических весах (навеска около 0.002-0.004 г) с точностью до 4 знака;
- приготовление раствора в требуемой системе растворителей;
- взвешивание навески фонового электролита на технических весах;
- приготовление рабочего раствора;
- создание папки для записи результатов измерений;
- знакомство с прибором – потенциостат-гальваностат ZRA Interface 1000;
- знакомство с электрохимической ячейкой и с электродами;
- настраивание метода и параметров съемки; выбор электрода;
- проведение измерений на стеклоуглеродном электроде;
- проведение измерений на ITO электроде;
- проведение измерений для пленки на ITO электроде;
- запись выполненных измерений (программный файл, текстовый формат, brm-формат); знакомство с программой Gamry и обработка данных в ней;
- перенесение результатов в Excel и построение цикловольтамперограмм;
- запись значений начала окисления, пиков окисления, пиков восстановления, начала восстановления;
- расчет полувольты редокс-процесса, расчет полувольты окисления-восстановления;
- фиксирование анодного и катодного токов;
- расчет значений энергий фронтальных орбиталей (HOMO, LUMO) с привлечением и без привлечения данных полученных при УФ исследовании образцов.

- оформление полученных результатов в тетради.

Образец оформления и порядок выполнения работы, а также теоретическое описание метода изложено в подготовленной методичке «Циклическая вольтамперометрия как физический метод исследования органических соединений» (составители Комиссарова Е.А., Шкляева Е.В.)

УФ спектроскопия и ее применение для анализа оптических свойств фото- и электропроводящих сопряженных органических соединений

На сегодняшний день исследование в области синтеза органических соединений с целью их использования в качестве материалов для органической электроники невозможно без привлечения физических методов исследования, к числу которых относится абсорбционная спектроскопия в ультрафиолетовой (УФ), видимой, инфракрасной (ИК), микроволновой, рентгеновской областях. Данный метод основан на поглощении веществами электромагнитного излучения. В зависимости от типа излучения возможны колебания ядра, электронов, групп атомов или самой молекулы.

При воздействии электромагнитного излучения на вещество происходит поглощение определенного количества энергии, в результате которого возможны в зависимости от длины волны излучения переходы внутренних и валентных электронов, колебательные или вращательные переходы молекул, а также спиновые переходы ядер и электронов. Для исследования органических соединений в большинстве случаев используют УФ, видимую и ИК область спектра. Для них характерно поглощение электромагнитного излучения с последующим возбуждением валентных электронов и переходом их в возбужденное состояние. При этом энергия данного перехода (E) связана с длиной поглощаемого света (λ) соотношением Планка:

$$E = E_2 - E_1 = hc/\lambda = h\nu,$$

где E_2 и E_1 – энергия системы в возбужденном и стационарном состоянии c – скорость света, h – постоянная Планка ($6.626 \cdot 10^{-34}$ Дж•с) ($4.14 \cdot 10^{-15}$ эВ.сек), λ – длина волны поглощения, ν – частота поглощающего света.

Энергия перехода измеряется в калориях, джоулях или электронвольтах:

$$1 \text{ кал} = 4.19 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ эВ} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Спектры поглощения

Электронные спектры состоят из широких полос и показывают зависимость длины волны (λ , нм) поглощенного цвета от оптической плотности или коэффициента молярной экстинкции (ϵ , л/моль•см). Полосы поглощения в электронных спектрах имеют характеристические интенсивности, значения которых зависят от молярных коэффициентов экстинкции (ϵ), определяемых по закону Бугера-Ламберта-Бера:

$$D = \epsilon \cdot c \cdot l,$$

где ϵ – молярный коэффициент экстинкции (л/моль•см), D (denstry – плотность) или A (absorbance – поглощение) – оптическая плотность, c – концентрация раствора (моль/л), l – толщина кюветы (см)

Молярный коэффициент поглощения (ϵ) – это оптическая плотность одномолярного раствора вещества при толщине слоя 1 см.

Снятие УФ спектров поглощения исследуемого органического соединения, экспериментальное определение ширины запрещенной зоны

Адсорбционная УФ спектроскопия образца. Цель работы освоение навыков снятия спектров

поглощения в растворе, содержащего исследуемое соединение. Выполнение работы включает следующие этапы:

- запись структурной формулы вещества;
- составление брутто-формулы соединения;
- расчет молекулярной массы соединения;
- расчет навески, необходимой для приготовления 10 мл раствора нужной концентрации (10 – 4 моль/.л);
- взвешивание на аналитических весах (навеска около 0.002-0.004 г) с точностью до 4 знака;
- подбор растворителя для проведения измерений;
- разбавление раствора в 10, 100 раз;
- создание папки для записи результатов измерений;
- знакомство с прибором – UV-VIS спектрофотометр UV 2600 (Shimadzu);
- настраивание метода и параметров съемки
- выполнение съемки;
- коррекция базовой линии
- установка образца
- проведение измерений
- запись измерений (программный файл, текстовый формат, таблица пиков)
- построение кривой УФ спектра в Excel модуле;
- запись значения максимумов поглощения;
- нахождения значения красной границы области поглощения и расчет на его основе ширины запрещенной зоны;
- оформление полученных результатов в тетради.

Образец оформления и порядок выполнения работы, а также теоретическое описание метода изложено в подготовленной методичке «Электронная спектроскопия как физический метод исследования органических соединений» (составители Селиванова Д.Г., Шкляева Е.В.)

Флуоресцентная спектроскопия, создание пленок на поверхности подложки

Явление люминесценции широко используется в химии для исследования процессов, связанных с изменениями электронной энергии в различных процессах. Изменение спектров возбуждения или испускания (определение см. ниже) несёт в себе важную информацию о химическом составе системы, кинетике процессов, формах нахождения флуорофора в гомогенных и гетерогенных средах. В основе люминесценции лежит явление испускания света частицей, находящейся в возбужденном электронном состоянии.

По методу возбуждения люминесценция делится на фото-, электро- и хемилюминесценцию; по времени жизни и мультиплетности возбуждённого и основного состояний – на флуоресценцию и фосфоресценцию. Флуоресценция – быстро затухающее излучение, связанное с переходом между состояниями без изменения мультиплетности системы, например, из возбуждённого синглетного в основное синглетное состояние. Фосфоресценция – медленно затухающее излучение, отвечающее переходу между состояниями с разной мультиплетностью, например, из триплетного в синглетное. Длина волны испускания и время жизни возбуждённого состояния являются индивидуальными характеристиками флуорофора. При наличии в системе нескольких компонентов-флуорофоров их индивидуальное определение возможно на основе спектральных и/или временных характеристик.

В отличие от спектров, отвечающих поглощению энергии, спектры, отвечающие излучению энергии, называют спектрами испускания, или спектрами флуоресценции (фосфоресценции) – зависимость интенсивности испускаемого излучения от его длины волны. При этом возбуждение системы (в случае фотолюминесценции) обеспечивается облучением с фиксированной длиной волны. Различают также и

спектры возбуждения флуоресценции, которые представляет собой зависимость интенсивности испускания при фиксированной длине волны от длины волны возбуждения. Если испускание возбужденной молекулы происходит из единственного состояния, то спектр поглощения совпадает по форме со спектром возбуждения флуоресценции.

Важной характеристикой флуоресценции является квантовый выход, представляющий собой отношение испущенных и поглощенных фотонов. В пределе он равен единице, в случае, если все возбужденные молекулы переходят в основное состояние (релаксируют) через излучательный путь. Отношение молекул, релаксирующих по излучательному и безызлучательному путям, можно также выражать через скорости испускания фотона и скорости безызлучательной конверсии. Тогда квантовый выход, близкий к единице, соответствует тому, что константа скорости внутренней безызлучательной конверсии много меньше константы скорости испускания фотона. Поскольку испускание происходит на более длинных волнах, энергии квантов испускания меньше. Это же показано и на диаграмме Яблонского, где видно, что внутренняя конверсия приводит к уменьшению энергии испускаемых квантов по отношению к поглощенным. Такое уменьшение называется стоксовыми потерями. Из-за таких потерь энергетический выход флуоресценции всегда меньше единицы, даже если квантовый выход и количественный. На выход флуоресценции влияет и среда, окружающая молекулы флуорофора. Поскольку процессы поглощения и испускания световых квантов являются статистическими, то состав среды может сказываться на эффективности процесса. Так, растворенный кислород обладает эффектом тушения флуоресценции, связанным с безызлучательным переносом энергии возбужденного состояния флуорофора на молекулы кислорода. Следовательно, при исследовании флуоресцентных свойств вещества необходимо принимать во внимание не только процессы, происходящие непосредственно с участием молекул флуорофора, но и процессы с участием окружающей его среды.

Снятие спектров флуоресценции исследуемого органического соединения, определение сдвига Стокса

Цель работы – освоение исследования оптических свойств сопряженных органических гетероциклических систем с помощью флуоресцентной спектроскопии. Выполнение работы включает следующие этапы:

- расчет навески, необходимой для приготовления 10 мл раствора нужной концентрации (10 – 5 моль/.л);
- взвешивание на аналитических весах (навеска около 0.002-0.004 г) с точностью до 4 знака;
- приготовление раствора;
- создание папки для записи результатов измерений;
- знакомство с прибором – спектрофлуорофтометром RF5301 UV 2600 (Shimadzu), программа Panorama 3.1;
- настраивание метода и параметров съемки;
- выполнение съемки;
- настройка базовой линии;
- запись спектра флуоресценции выбранного растворителя;
- запись спектра флуоресценции раствора соединения в выбранном растворителе;
- запись спектра флуоресценции раствора соединения в растворителе иной полярности;
- запись измерений (программный файл, текстовый формат)
- построение кривой спектров флуоресценции в Excel модуле;
- запись значение максимумов излучения раствора вещества и растворителя
- построение графиков наложения спектров флуоресценции, полученных для объекта исследования в растворителях разной полярности;

- построение графиков наложения спектра поглощения и спектра флуоресценции;
- расчет сдвига Стокса
- образец оформления и порядок выполнения работы, а также теоретическое описание метода изложено в подготовленной методичке «Флуоресцентная спектроскопия как физический метод исследования органических соединений» (составители Игнатенко Е.А., Шкляева Е.В.)

Защита полученных результатов (доклады с презентацией)

Зачетное занятие – отчет о полученных результатах в виде доклада с презентацией, в которой должны быть представлены основные полученные результаты, а также возможное объяснение таких результатов. Кроме того, необходимо сдать преподавателю тетрадь или её копию, содержащих описание и результаты всех выполненных работ.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Физико-химические основы нанотехнологий : методические указания / составители М. Е. Колпаков, Е. В. Петрова, А. Ф. Дресвянников. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 64 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/63530.html>
2. Электрохимия и химическая кинетика : учебное пособие / Г. В. Булидорова, Ю. Г. Галяметдинов, Х. М. Ярошевская, В. П. Барабанов. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 371 с. — ISBN 978-5-7882-1658-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/63561.html>
3. Спектральные методы анализа:практическое руководство : [учебное пособие по специальности "Фундаментальная и прикладная химия"]/В. И. Васильева, О. Ф. Стоянова, И. В. Шкутина [и др.].- Санкт-Петербург:Лань,2014, ISBN 978-5-8114-1638-7.-416.

Дополнительная:

1. Кужаева, А.  А. Органическая химия : учебное пособие / А.  А. Кужаева, И.  В. Берлинский, Н. В. Джевага. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 152 с. — ISBN 978-5-4487-0310-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/77218.html>
2. Спивак Л. В.Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии.учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2/Л. В. Спивак, Н. Е. Щепина ; М-во науки и высш. образования РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.- Пермь:ПГНИУ,2019, ISBN 978-5-7944-3393-7 (Ч. 2).-185.-Библиогр.: с. 182 <https://elis.psu.ru/node/593277>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.nanoscopy.org/tutorial/onlinetest/polymer/1.htm> проводящие полимеры

<https://www.jove.com/pdf/56656/jove-protocol-56656-using-cyclic-voltammetry-uv-vis-nir-epr-spectroelectrochemistry-to> Циклическая вольтамперометрия

https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/75930/1/978-5-7996-2617-4_2019.pdf Потенциометрические и вольтамперометрические методы исследования и анализа

<https://fen.nsu.ru/posob/organic/physmethods/lec/Theme4.ppt> Спектроскопия УФ- и видимого диапазона

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Сопряженные полимеры для органической электроники** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

В учебном процессе для освоения дисциплины могут использоваться различные информационные технологии:

- презентационные материалы ("Сопряженные материалы для органической электроники" лекции проф. Г.Г. Абашева, формат презентации);

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);

- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;

- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».

2. Программы для демонстрации видео материалов (проигрыватель) «WindowsMediaPlayer».

3. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome».

4. Офисный пакет приложений «LibreOffice»

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекции, групповые (индивидуальные) консультации, мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук), а также меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине используется лаборатория органических полупроводников с оборудованием, указанном в паспорте лаборатории.

Аудитория для самостоятельной работы: помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Сопряженные полимеры для органической электроники**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>Знать основные типы проводящих органических соединений, уметь исследовать основные физические свойства органических соединений, владеть основными навыками подготовки растворов проводящей органики и методов осаждения</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает современные тенденции в области органической электроники. Не умеет исследовать основные физические свойства органических соединений. Не владеет основными навыками подготовки растворов проводящей органики и методов осаждения .</p> <p align="center">Удовлетворительн Частично сформированные знания современных тенденций в области органической электроники. Частично сформированное умение исследовать основные физические свойства органических соединений. Посредственное владение основными навыками подготовки растворов проводящей органики и методов осаждения .</p> <p align="center">Хорошо Сформированные, но содержащие пробелы знания современных тенденций в области органической электроники. Сформированное, но содержащие пробелы умение исследовать основные физические свойства органических соединений. Неуверенное владение основными навыками подготовки растворов проводящей органики и методов осаждения</p> <p align="center">Отлично Полностью сформированные знания современных тенденций в области органической электроники. Сформированное умение исследовать основные физические свойства органических соединений. Уверенное владение основными навыками подготовки растворов проводящей органики и методов осаждения</p>
<p>ПК.3 способность применять</p>	<p>Знать правила оформления отчетов. Уметь оформлять</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает правила оформления отчетов. Не</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей</p>	<p>презентации по результатам научных исследований. Владеть навыками использования программного обеспечения для оформления отчетов.</p>	<p>Неудовлетворител умеет оформлять презентации по результатам научных исследований. Не владеет навыками использования программного обеспечения для оформления отчетов.</p> <p>Удовлетворительн Частично сформированные знания правил оформления отчетов. Частично сформированное умение оформлять презентации по результатам научных исследований. Посредственное владение навыками использования программного обеспечения для оформления отчетов.</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие пробелы знания правил оформления отчетов. Сформированное, но содержащие пробелы умение оформлять презентации по результатам научных исследований. Неуверенное владение навыками использования программного обеспечения для оформления отчетов.</p> <p>Отлично Полностью сформированные знания правил оформления отчетов. Сформированное умение оформлять презентации по результатам научных исследований. Уверенное владение навыками использования программного обеспечения для оформления отчетов.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Изучение электрохимического окисления органического исследуемого органического соединения методом циклической вольтамперометрии Входное тестирование	Проверка знаний по основам физической химии

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>Изучение электрохимического окисления органического исследуемого органического соединения методом циклической вольтамперометрии Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Исследование электрохимического поведения органических молекул методом циклической вольтамперометрии - умение взвешивать на аналитических и технических весах; - умение написать структурные формулы исследуемого соединения и фонового электролита; - знание структуры электрохимической ячейки;- знание электрохимических процессов, протекающих в ячейке при пропускании тока; - знание основных положений цикловольтамперометрии;- умение создавать график после проведения эксперимента (работа в Excel); - умение определения потенциалов окисления и восстановления; - знание расчетов для определения величин энергий фронтальных орбиталей (НОМО и LUMO)</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.3 способность применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей</p> <p>ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>Снятие УФ спектров поглощения исследуемого органического соединения, экспериментальное определение ширины запрещенной зоны</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>- умение написать структурные формулы исследуемого соединения и растворителей; -умение провести расчет для приготовления растворов заданной концентрации; - знание таких понятий как молекулярный вес соединения, молярная концентрация; - знание основных операций для получения УФ спектров поглощения; Снятие спектров поглощения органических соединений в растворителях разной полярности (этилацетат, хлороформ, диметилформамид) - умение обработать данные, полученные в результате эксперимента (работа в Excel); - умение определить длины волн максимумов поглощения и начала поглощения;- умение рассчитать значение ширины запрещенной зоны;- знание основных положений спектрального анализа</p>
<p>ПК.3 способность применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей</p> <p>ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>Снятие спектров флуоресценции исследуемого органического соединения, определение сдвига Стокса</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Знать принцип действия спектрофлуориметра Уметь рассчитать сдвиг Стокса и определение квантового выхода флуоресценции по полученному спектру умение обработать данные, полученные в результате эксперимента (работа в Excel); Представить отчет о проделанной работе</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.3 способность применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей</p> <p>ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>Защита полученных результатов (доклады с презентацией)</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Знать основные типы проводящих органических соединений, уметь исследовать основные физические свойства органических соединений, владеть основными навыками подготовки растворов проводящей органики и методов осаждения</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Изучение электрохимического окисления органического исследуемого органического соединения методом циклической вольтамперометрии

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Совершение не более 1-й ошибки в тесте	81
Совершение не более 3-х ошибок в тесте	61
Совершение не более 5-ти ошибок в тесте	41
Совершение более 5-ти ошибок в тесте	0

Изучение электрохимического окисления органического исследуемого органического соединения методом циклической вольтамперометрии

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Правильно написаны структурные формулы исследуемого соединения и фонового электролита	5
Представлен отчет	5
Правильно определены величины энергий фронтальных орбиталей (HOMO и LUMO)	5
Правильно определены потенциалы окисления и восстановления	5

Снятие УФ спектров поглощения исследуемого органического соединения, экспериментальное определение ширины запрещенной зоны

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Подготовлен раствор заданной концентрации	5
Рассчитана ширина запрещенной зоны	5
Определены максимумы длин волн поглощения	5
Снят спектр поглощения органических соединений в растворителях разной полярности	5

Снятие спектров флуоресценции исследуемого органического соединения, определение сдвига Стокса

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Определена энергия квантового выхода флуоресценции	5
Представлен отчет по результатам исследований	5
Определен сдвиг стокса	5
Подготовлен раствор для проведения эксперимента	5

Защита полученных результатов (доклады с презентацией)

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
- знание основных положений цикловольтамперометрии, умение определения потенциалов окисления и восстановления	10
-умение представить выполненную работу в формате сообщения, сопровождаемого презентацией	10
-знание основных положений спектрального анализа, умение рассчитать значение ширины запрещенной зоны; - знание расчетов для определения величин энергий фронтальных орбиталей (НОМО и LUMO)	10
знание основных операций для получения УФ спектров поглощения; умение получить спектры поглощения и спектры флуоресценции растворов органических соединений в растворителях разной полярности	10