Полимерные системы
в электронике и фотовольтаике

Семинарские занятия призваны закрепить теоретические знания студентов и познакомить их с методами решения конкретных задач, возникающих при практическом приложении химических знаний. Особое внимание уделяется овладению студентами методами синтеза и характеризации полимерных проводящих систем.

Тематика семинарских занятий

№	**Тема семинарского задания**	**Неде ля**
С1	Определение типа полимерной системы в различных классификациях	3
С2	Решение практических вопросов по приемам проведения синтеза	6
С3	Электрохимия. Метод ЦВА, строение ДЭС.	7
С4	Характеризация покрытий	10
С5	Устройство ФЭП, некоторые расчетные характеристики	13
С6.	Современное состояние науки в области синтеза и нанесение ПП. Анализ литературных данных	15

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Вид контроля	Форма учебной работы
Обобщающий	Контрольные работы
	Коллоквиумы
Итоговый	Зачет

Для обобщающей аттестации студентов выполняется по 9 письменных контрольных работ и 2 коллоквиума.

<u>Коллоквиумы</u>

№	Тема работы	неделя
К 1	Свойства, синтез, электрохимия ПП.	5
К 2	Модифицирование, нанесение проводящих полимеров и устройства на их основе.	12

Коллоквиум 1
Проводящие полимеры. Свойства, синтез, электрохимия ПП.
Вопросы.

1. Введение. Полимеры специального назначения. Органическая и молекулярная электроника. Макро и наноуровень, физические ограничения. Достоинства и недостатки органических материалов.

2. Классификация. Классификация полиэлектролитов. Классификация электронпроводящих полимеров (редокс-полимеров и полимеров с внутренней проводимостью) и примеры (список). Композитные соединения.
3. Механизмы переноса заряда. Основные характеристики электропроводности. Доказательство электрон-дырочной проводимости ПП. Туннельная модель. Прыжковый механизм. Зонная теория для ПП. Уровень Ферми. Энергия Ферми. Эффект Пайерлса. Сопряжение, дефекты сопряжения. Солитоны. Энергетическая диаграмма, типы и характеристики. Поляроны. Энергетическая диаграмма и характеристики. Вырожденные и невырожденные полимеры. Образование поляронов и биполяронов. Энергетические зоны при допировании.
4. Химический синтез. Классификация методов синтеза ПП на основе ароматики и краткая характеристика. Подбор окислителей, растворителей, среды, допантов.
5. Электрохимия. Вольтамперометрия, кулонометрия, потенциометрия – определения и основные зависимости. Развертка потенциала (линейная, циклическая). Описание циклической вольтамперограммы. Влияние различных факторов на вид циклической вольтамперограммы.
6. Электрохимический синтез. Электродные материалы. Выбор среды и фонового электролита. Факторы, влияющие на свойства получающихся продуктов. Режимы электрохимического синтеза. Донорные числа растворителей. Степень допирования. Электродное поведение электроактивных полимеров.
7. Синтез отдельных представителей. Синтез полиацетилена (перечислить возможные методы. Написать один из них). Синтез полианилина (перечислить возможные методы. Написать один из них). Синтез политиофенов (Перечислить возможные методы. Написать один из них). Синтез полипиррола (эл.хим. синтез, механизм, основные условия). Синтез полипарафенилена (эл.хим. синтез, механизм, основные условия). Синтез поли-о-аминофенола полипарафенилена (эл.хим. синтез, механизм, основные условия). Синтез поливиологенов.

Коллоквиум 2

Модифицирование, нанесение проводящих полимеров и устройства на их основе.

Модифицирование. Классификация модифицированных проводящих полимеров. Методы получения ПП с подвешенными группами и сополимеров. Оптико-физические свойства модифицированных полимеров, особенности спектров. Циклическая вольтамперограмма для модифицированных проводящих полимеров (сополимеров). Композитные материалы с неорганическими частицами. Методы их получения. ЦВА таких композитов.

Методы нанесения проводящих полимеров. Классификация методов нанесения. Электроформование. Нанолитография. Центрифугирование (spin coating). Нанесение ракелем (dr. blading). Трафаретная печать. Струйная печать. Набивка (pad printing). Рулонная технология (R2R). Метод экструзии. Глубокая печать. Метод полива. Напыление. Флексография. Офсетная печать.

Спектроэлектрохимия проводящих полимеров. Понятие электрохромизма. Основные характеристики электрохромов. Классификация электрохромов. Органические и неорганические электрохромы. Исследуемые характеристики электрохромов. Механизм изменения окраски в электрохромных ПП. Подстройка цвета.

Применение проводящих полимеров в электронике и фотовольтаике. Области применения ПП. Аккумуляторные батареи. Полимерные фотодиоды. Полимерные транзисторы. Органические светодиоды. Конструкция солнечного элемента. Зонная структура СЭ. Типы СЭ и их конструкций. Принцип работы органического СЭ.

Контрольные работы

№	Тема	неделя
1	Классификация ПП	2
2	**Теории и модели проводимости полимеров**	3
3	**Химические методы синтеза ПП**	4

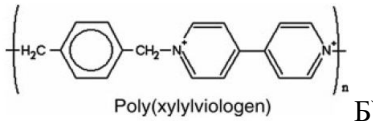
4	**Вольт-амперные характеристики ПП**	6
5	Циклическая вольтамперометрия ПП	7
6	**Синтез редокс-полимеров**	8
7	Модификация	9
8	Методы нанесения ПП	10
9	Электрохромизм	14

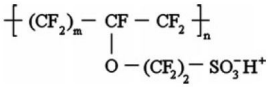
Контрольная работа №1

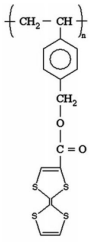
1. Перечислить классы ион-проводящих полимеров, которые соответствуют 1, 2 и 3 поколению таких полимеров

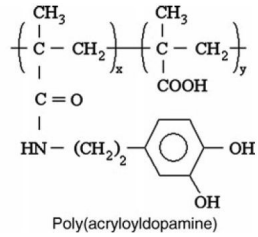
Поколение	Классы
1 поколение	
2 поколение	
3 поколение	

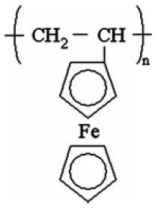
2. Определить тип редокс-полимера по расположению его редокс-группы и выделить ее:

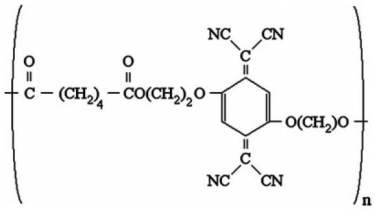
А) 

Б) 

В) 

Г) 

Д) 

Е) 

3) Перечислите факторы, влияющие на проводимость электроактивных полимеров.
4) Перечислите известные вам области применения электроактивных (электропроводящих) полимеров.
5) Что мешает электропроводящим полимерам на данном этапе развития науки вытеснить неорганические материалы? Ответ обоснуйте.

Контрольная работа 2
Теории и модели проводимости полимеров
1. Дайте определения следующих квазичастиц: фонон, полярон, биполярон, экситон, солитон, дырка, электрон проводимости.
2. Вспомните все известные вам модели и теории проводимости для полупроводников (в т.ч.проводящих полимеров). Как, на ваш взгляд, их можно наиболее полно классифицировать? Оформите ваш вариант классификации в виде схемы.
3. Что такое уровень Ферми, энергия Ферми? Как эта величина участвует в определении удельной проводимости ПП?
4. Нарисуйте возможные дефекты сопряжения, считая, что квазичастицы также являются дефектами, нарушающими сопряженную структуру.
5. Зонная теория для ЭПП. Нарисуйте схему зон (в рамках зонной теории) для а) электронпроводящего полимера с биполяронами б) для электронпроводящего полимера с

донорным допантом в большой концентрации в) идеального полимерного проводника с равными по длине связями г) диэлектрика

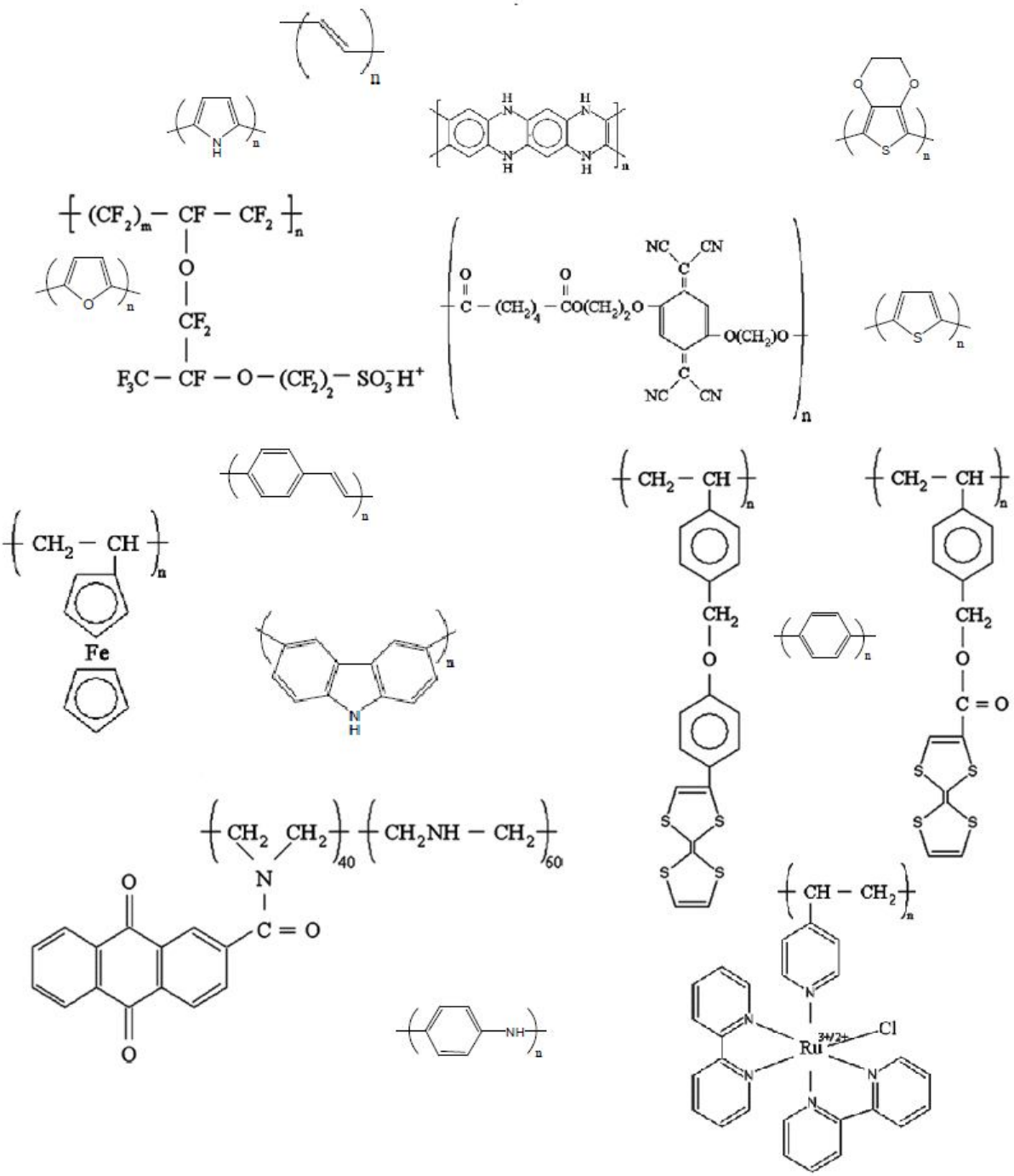
Контрольная работа №3
Химические методы синтеза ПП
1. Перечислите все известные вам виды химической полимеризации ПП
2. Укажите самые распространенные параметры синтеза (нагрев или охлаждение, какие растворители, какие окислители и тд)
3. Какие из перечисленных средств НЕ могут быть использованы для инициирования синтеза ЭПП: потенциостат, ультразвуковая ванна, лазер, вакуумный испаритель, реактор с тлеющим разрядом.
4. Запишите схему (уравнение) любого химического синтеза полианилина. Как выглядит проводящая форма ПАНИ (соль эмеральдина), запишите процесс допирования-дедопирования эмеральдина.
5. Укажите электронпроводящие полимеры

Контрольная работа №4
Вольтамперометрия ПП
1.Сформулируйте определения понятий вольтамперомерии, хронопотенциометрии, кулонометрии. Как выглядят основные графические зависимости для этих методов (общий вид графика, координатных осей), приведите для этих методов основные формульные зависимости.
2. Линейная и циклическая вольтамперометрия. Опишите суть методов. В каких случаях применяются.
3. Что такое развертка потенциала? Что такое реверс на вольтамперограмме?
4. Приведите следующие циклические вольтамерограммы: а) идеальная обратимая при низких скоростях циклирования б) при наличии сильного взаимодействия между адсорбированными частицами и электродом в) с замедленным переносом заряда
5. Изобразите, как выглядит гистерезис на циклических вольтамперограммах. Чем объясняют его наличие.
Контрольная работа №5
Синтез редокс-полимеров
1. Как вы думаете, какие полимеры обладают бОльшей проводимостью: п-сопряженные или редокс-полимеры, и почему? Какие механизмы переноса заряда наблюдаются в редокс-полимерах? (1б)
2.Как связано изменение оптического поглощения и изменение концентрации заряженной формы при изменении потенциала у редокс-полимеров? Приведите графики зависимости. (1б)
3. Редокс-группы могут располагаться в полимерной матрице в 3х вариантах. Для каждого типа приведите самый распространенный метод синтеза. (1б)
4. Характеристики электрохимического синтеза. В каких режимах можно проводить электрохимический синтез? Назовите известные вам электродные материалы, используемые при эл-хим синтезе редокс-полимеров. Как влияет pH и ПАВ на получающийся продукт? Смещаются ли катодный и анодный пики при образовании полимерной пленки на электроде? (2б)

Контрольная работа №6
Модификация
1. Что такое модификация? Какие виды полимерных модифицированных материалов вам известны?
2. Какие особенности имеет циклическая вольтамперограмма (ЦВА) при образовании двухслойного композита (образовании сополимера) (число циклов, дополнительные пики и тп)?
3. Каким образом неорганические частицы могут включаться в полимерную систему? Перечислите виды включения и способы.

.Электрохромизм
1. Приведите примеры известных вам веществ-электрохромов. Опишите, за счет чего происходит изменение окраски.

2. Назовите известные вам типы электрохромов. По каким принципам их классифицируют?
3. Что такое «подстройка» цвета? Какими методами можно регулировать?
4. Электрохромные полимеры. Какие процессы на молекулярном уровне происходят при индуцировании заряда?
5. Какие особенности имеет спектр поглощения электрохромных полимеров?



Перечень вопросов, выносимых на зачет

8. Введение. Полимеры специального назначения. Органическая и молекулярная электроника. Макро и наноуровень, физические ограничения.
9. Классификация. Классификация полиэлектролитов. Классификация электронпроводящих полимеров (редокс-полимеров и полимеров с внутренней проводимостью) и примеры (список).
10. Композитные соединения.

11. Механизмы переноса заряда. Основные характеристики электропроводности. Доказательство электрон-дырочной проводимости ПП. Туннельная модель. Прыжковый механизм.
12. Зонная теория для ПП. Уровень Ферми. Энергия Ферми. Эффект Пайерлса. Сопряжение, дефекты сопряжения. Солитоны. Энергетическая диаграмма, типы и характеристики.
13. Поляроны. Энергетическая диаграмма и характеристики. Вырожденные и невырожденные полимеры. Образование поляронов и биполяронов. Энергетические зоны при допировании.
14. Химический синтез. Классификация методов синтеза ПП на основе ароматики и краткая характеристика. Подбор окислителей, растворителей, среды, допантов.
15. Электрохимия. Вольтамперометрия, кулонометрия, потенциометрия – определения и основные зависимости. Развертка потенциала (линейная, циклическая).
16. Описание циклической вольтамперограммы. Влияние различных факторов на вид циклической вольтамперограммы.
17. Электрохимический синтез. Электродные материалы. Выбор среды и фонового электролита. Факторы, влияющие на свойства получающихся продуктов.
18. Режимы электрохимического синтеза. Донорные числа растворителей. Степень допирования. Электродное поведение электроактивных полимеров.
19. Синтез отдельных представителей. Синтез полиацетилена (перечислить возможные методы. Написать один из них).
20. Синтез полианилина (перечислить возможные методы. Написать один из них).
21. Синтез политиофенов (Перечислить возможные методы. Написать один из них).
22. Синтез полипиррола (эл.хим. синтез, механизм, основные условия).
23. Синтез полипарафенилена (эл.хим. синтез, механизм, основные условия).
24. Синтез поли-о-аминофенола полипарафенилена (эл.хим. синтез, механизм, основные условия).
25. Синтез поливиологенов.
26. Модифицирование. Классификация модифицированных проводящих полимеров.
27. Методы получения ПП с подвешенными группами и сополимеров. Оптико-физические свойства модифицированных полимеров, особенности спектров.
28. Циклическая вольтамперограмма для модифицированных проводящих полимеров (сополимеров).
29. Композитные материалы с неорганическими частицами. Методы их получения. ЦВА таких композитов.
30. Методы нанесения проводящих полимеров. Классификация методов нанесения.
31. Электроформование. Нанолитография. Центрифугирование (spin coating). Нанесение ракелем (dr. blading).
32. Трафаретная печать. Струйная печать. Набивка (pad printing). Рулонная технология (R2R). Метод экструзии. Глубокая печать.
33. Метод полива. Напыление. Флексография. Офсетная печать.
34. Спектроэлектрохимия проводящих полимеров. Понятие электрохромизма.
35. Основные характеристики электрохромов. Классификация электрохромов. Органические и неорганические электрохромы.
36. Исследуемые характеристики электрохромов. Механизм изменения окраски в электрохромных ПП. Подстройка цвета.
37. Применение проводящих полимеров в электронике и фотовольтаике. Области применения ПП. Аккумуляторные батареи. Полимерные фотодиоды. Полимерные транзисторы. Органические светодиоды. Конструкция солнечного элемента. Зонная структура СЭ. Типы СЭ и их конструкций. Принцип работы органического СЭ.

1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Дамаский Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику. М:- ВШ, 1983, 156с. 2. Тарасевич М.Р., Орлов С.Б. и др. Электрохимия полимеров. Изд. «Наука», 1990

3. Handbook of Conducting Polymers. Ed. by T.A.Skotheim and J.R.Raynolds. 3d edition, CRC Press, 2007

4. G.Inzelt. Conducting Polymers. Springer, 2008

Периодические издания

1. Вестник Московского университета. Серия 2, Химия : научный журнал / учредитель: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, фак-т химии. - М. : МГУ. - Журнал, основан в ноябре 1946 года. - Выходит отдельной серией с 1960 года - Доступ к архиву статей с 1998 г. на сайте журнала: http://www.chem.msu.su/rus/vmgu/

Электронно-библиотечные системы (ЭБС) и БД

Электронная библиотека диссертаций (ЭБД) РГБ: http://diss.rsl.ru/
Реферативная и библиографическая БД Web of Science, JCR компании Thomson Reuters: http://webofknowledge.com
Реферативная и библиографическая БД SCOPUS: http://www.scopus.com/home.url
Elibrary.ru. Научная электронная библиотека (РУНЭБ)
База данных «Термические константы веществ» http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl

Профессиональные ресурсы Интернет

Аналитическая химия в России
ХиМиК.ru
Oraganic Laboratory Химическая полнотекстовая библиотека
Organic Chemistry Portal
Beilstein Journal of Organic Chemistry (BJOC)
Биорганическая химия
Вестник Московского университета. Сер.2. Химия
Вестник Московской государственной академии тонкой химической технологии им.М.В.Ломоносов
Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология
Конденсированные среды и межфазные границы
Российский химический журнал
Сорбционные и хроматографические процессы
Успехи химии
Физико-химический анализ свойств многокомпонентных систем
Электронная библиотека химического факультета МГУ

Научные поисковые системы

SCIENCE INDEX на основе данных РИНЦ http://elibrary.ru/project_risc.asp
Scopus http://www.scopus.com/home.url
Web of Science http://webofknowledge.com
BASE: Bielefeld Academic Search Engine
HighWire Press + Medline
Microsoft Academic Search
ResearchIndex
SciCentral - путеводитель по научным ресурсам
Science Research Portal
Science.gov
SciGuide
SciNet — Science search
Trove
WorldWideScience.org

Базы периодических электронных изданий

1. Коллекция подписных российских научных журналов на НЭБ
2. Российские открытые научные журналы на платформе eLIBRARY.RU
3. Электронная база данных российских журналов компании East View. http://dlib.eastview.com
4. Springer on eLibrary.Ru
5. World Scientific on eLibrary.Ru
6. Academic Press on eLibrary.Ru
7. Zentralblatt MATH on eLibrary.Ru
8. Журналы издательства Annual Reviews
9. Журналы издательства Nature Publishing Group

9.1. Nature
9.2. Nanotechnology
9.3. Nature Chemistry
9.4. Nature Materials
9.5 . Nature Physics

10. Журналы издательства Taylor &Francis
11. Журналы издательства Sage Publications
12. журнал «Science» издательства American Association for the Advancement of Science (AAAS).
13. Журналы Американского химического общества (ACS). hptt://pubs.acs.org/
14. Royal Society of Chemistry
15. Архивы научных журналов http://archive.neicon.ru/xmlui/
16. Science of Synthesis – Thieme - https://www.thieme.de/en/thieme-chemistry/home-51399.htm

Электронно-библиотечные системы (ЭБС)

1. КнигаФонд – www.knigafund.ru
2. Университетская библиотека онлайн – www.biblioclub.ru
3. ZNANIUM – www.znanium.com
4. ЭБС "Лань" http://e.lanbook.com

Электронные научные ресурсы

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (НЭБ)
База данных POLPRED.com.
Коллекция электронных книг издательства Springer eBooks collection

Базы данных компании EBSCO Publishing:

INSPEC
Academic Search Premier
MasterFILE Premier
GreenFILE

Библиографические базы данных

ИНИОН РАН on Elibrary.ru
Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ)
Библиографическая база данных Ingenta
Служба ИНФОМАГ

Российские библиотеки

1. Российская Государственная Библиотека (РГБ)
2. Российская национальная библиотека (РНБ), г. Санкт-Петербург
3. Библиотека по естественным наукам РАН (БЕН РАН)
4. Государственная публичная научно-техническая библиотека (ГПНТБ)
5. Научно-техническая библиотека ОИЯИ
6. Научная библиотека МГУ им. М. В. Ломоносова
7. Библиотека университета «Дубна»