Приложение 5.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»

Институт естествознания

Кафедра химии

****

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института естествознания

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Е.В. Скрипникова

«12» апреля 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

**«Химия углеродных материалов»**

Научная специальность:

2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Уровень высшего образования

подготовка кадров высшей квалификации

по программам подготовки научных и

научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения

очная

Год набора

2023

Тамбов 2023

**Автор программы:** Цыганкова Л.Е., доктор химических наук, профессор

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951).

Рабочая программа принята на заседании кафедры химии «05» апреля 2023 года, протокол № 7.

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |
| --- |
| 1. Цели и задачи дисциплины |
| 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры |
| 3. Объем и содержание дисциплины |
| 4. Контроль знаний обучающихся |
| 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины |
| 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы |
|  |

**1. Цели и задачи дисциплины**

**1.1 Цель дисциплины** - формирование системы знаний об углеродных материалах, способности и готовности к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований, формирование у обучающихся целостного теоретического представления о процессах, протекающих в конденсированном состоянии.

**1.2 Задачи дисциплины:**

- анализ структурных форм углерода и физико-химических свойств углеродных материалов;

- исследование структуры и морфология углеродных волокон;

- анализ полимерных композиционных материалов и их свойств;

- исследование физико–химических и электрохимических процессов на углеродных материалах;

- анализ композитов на основе прессованного микрографита и МУНТ как катодов для получения электролитического водорода.

**1.3 Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**Знать:**

- основные законы, правила и положения химии, химической термодинамики, электрохимической кинетики, необходимые для использования их в научно-исследовательской деятельности и технологической практике;

- структуру и морфологию углеродных волокон.

**Уметь:**

- анализировать структурные формы углерода и физико-химические свойства углеродных материалов;

- исследовать физико–химические и электрохимические процессы на углеродных материалах;

**Владеть:**

- навыками анализа полимерных композиционных материалов и их свойств;

- современными теоретическими и экспериментальными методами исследования электрохимических и физико-химических процессов на углеродных материалах.

**2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:**

Дисциплина «Химия углеродных материалов» относится к образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры по научной специальности 2.6.9.Технология электрохимических процессов и защита от коррозии. Дисциплина является элективной.

Дисциплина «Химия углеродных материалов» изучается во 2 семестре.

**3. Объём и содержание дисциплины**

**3.1 Объем дисциплины**

Очная форма обучения: 2 з.е.

| Вид учебной работы | Очная форма обучения  (всего часов) |
| --- | --- |
| **Общая трудоёмкость дисциплины** | **72** |
| *Контактная работа (по учебным занятиям)* | *22* |
| Лекции (Л) | 10 |
| Практические (семинарские) занятия (ПЗ) | 12 |
| Лабораторные занятия (ЛЗ) | - |
| *Самостоятельная работа (СР)* | *50* |
| *Зачет* |  |

**3.2 Содержание дисциплины:**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № темы | Название  раздела/темы | Вид учебной работы, час.  (очная форма) | | | | Формы текущего  контроля |
| Л | ПЗ | ЛЗ | СР |
|  | Тема 1. Структурные формы углерода и физико-химические свойства углеродных материалов | 2 | 2 | - | 10 | Собеседование |
|  | Тема 2. Углеродные волокна | 2 | 2 | - | 10 | Собеседование |
| 3. | Тема 3. Полимерные композиционные  материалы | 2 | 2 | - | 10 | Собеседование |
| 4. | Тема 4. Физикохи-мические и электро-химические процессы на углеродных материалах. | 2 | 2 | - | 10 | Собеседование |
| 5. | Тема 5. Промотиро-ванные углеродные  электроды. | 2 | 2 | - | 8 | Собеседование |
| 6. | Тема 6. Композиты на основе прессованного микрографита и МУНТ как катоды для получения электроли-тического водорода | - | 2 | - | 2 | Собеседование |

**Тема 1. Структурные формы углерода и физико-химические свойства**

**углеродных материалов**.

**Лекция.** Кристаллические и переходные формы углерода. Структура графита и пирографита. Общие представления о нитевидных графитовых кристаллах. Физические, химические и электрофизические свойства углеродных материалов.

**Практическое занятие.**

1. Углеродные материалы, используемые в качестве катодов.
2. Выделение водорода в кислых средах.
3. Катодное выделение водорода в щелочных растворах. Механизмы выделения

водорода

**Задания для самостоятельной работы:**

1. Структурные формы углерода.
2. Физикохимические свойства углеродных материалов.
3. Углеродные волокна

**Тема 2. Углеродные волокна.**

**Лекция.** История создания углеродных волокон. Структура и морфология углеродных волокон. Свойства углеродных волокон. Типы углеродных волокон. Классификация углеродных волокон. Получение углеродных волокон. Элементсодержащие углеродные волокна: общие представления. Получение элементсодержащих углеволокнистых материалов. Применение элементоуглеродных волокон. Многофазные волокна на основе углеродных волокон: общие представления. Волокна с металлическим покрытием.

**Практическое занятие.**

1. Виды углеродных наноматериалов.
2. Получение углеродных наноматериалов.
3. Свойства углеродных наноматериалов. Их применение.

**Задания для самостоятельной работы:**

1. Полимерные композиционные материалы.
2. Физикохимические и электрохимические процессы на углеродных материалах.

**Тема 3. Полимерные композиционные материалы.**

**Лекция.** Основные понятия и определения. Дисперсно-упрочненные композиты. Волокнистые композиты. Простые модели разрушения композитов. Растяжение. Сжатие. Механизм взаимодействия компонентов композиционных материалов. Физико-химическая сущность прочности композиционных материалов. Современные представления об адгезии. Повышение адгезии за счет модификации наполнителя. Нарушение правила аддитивности в адгезионных соединениях. Матричные материалы. Типы матричных материалов. Полимерные матрицы и их физико-химические особенности. Типы термореактивных связующих. Термопластичные связующие. Самоармирующиеся полимеры. Формование полимерных композиционных материалов.

**Практическое занятие**

1. Виды углеродных нанотрубок.

2. Одностенные и многостенные нанотрубки, получение, свойства.

3. Использование одностенных и многостенных нанотрубок для аккумулирования водорода.

**Задания для самостоятельной работы**

Физические, химические и электрофизические свойства углеродных материалов.

**Тема 4. Физико–химические и электрохимические процессы на углеродных**

**материалах.**

**Лекция.** Электрохимические свойства углеродных материалов в растворах электролитов. Строение границы раздела углеродный материал/электролит. Адсорбция ионов, водорода, кислорода и органических веществ на электродах из углеродных материалов. Коррозия: химическая и электрохимическая. Углеродные материалы в неводных средах. Механизм электрокаталитических реакций на углеродных материалах.

**Практическое занятие**

1. Открытие фуллеренов лауреатами нобелевской премии.

2. Способы получения фуллеренов.

3. Виды фуллеренов.

4. Свойства фуллеренов.

5. Применение фуллеренов.

**Задания для самостоятельной работы**

1. Электрокатализ.
2. Типы промотированных углеродных электродов.

**Тема 5. Промотированные углеродные электроды.**

**Лекция.** Электрокатализ. Типы промотированных углеродных электродов. Химически модифицированные электроды. Макрокинетические характеристики углеродных электродов.

**Практическое занятие**

1. Получение графена лауреатами нобелевской премии.

2. Свойства графена.

3. Особенности графена.

4. Применение графена.

**Задания для самостоятельной работы**

Механизм электрокаталитических реакций на углеродных материалах

**Тема № 6. Композиты на основе прессованного микрографита и МУНТ как катоды для получения электролитического водорода.**

**Лекция.** Не предусмотрена.

**Практическое занятие**

1. Использование композитов для получения электролитического водорода в кислых средах.

2. Влияние добавок МУНТ на кинетику выделения водорода.

**Задания для самостоятельной работы**

1. Способы аккумулирования водорода нанотрубками.

2. Механизм выделения водорода на композитах в кислых средах.

**4. Контроль знаний обучающихся**

**4.1 Формы текущего контроля работы аспирантов:** собеседование.

**4.2 Задания текущего контроля**

Темы для собеседования

1. Структура графита и пирографита.

2. Общие представления о нитевидных графитовых кристаллах.

3. Физические, химические и электрофизические свойства углеродных материалов.

4. История создания углеродных волокон.

5. Структура и морфология углеродных волокон.

6. Типы углеродных волокон.

**4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине** проводится в форме зачета.

Вопросы зачета

1. Структурные формы углерода. Структура графита и пирографита. Кристаллические и переходные формы углерода. Стеклоуглерод. Сажи. Углеродное волокно. Активированные угли.

2. Электрофизические свойства углеродных материалов. Электропроводность. Спектральные характеристики.

3. Химия поверхности углеродных материалов. Кислотные поверхностные оксиды. Основные оксиды. Свободно-радикальные состояния.

4. Текстура углеродных материалов. Пористая структура и поверхность. Макропоры. Мезопоры. Микропоры. Гидрофобно-гидрофильные свойства.

Задания для зачета

1. Сравнить адсорбционные и каталитические свойства углеродных материалов.
2. Сравнить свойства углеродных волокон и нанотрубок.
3. Оценить различия между макропорами, мезопорами и микропорами.

**4.4 Шкала оценивания промежуточной аттестации**

|  |  |
| --- | --- |
| **Оценка** | **Основные показатели достижения результата** |
| «зачтено» | Демонстрирует высокий уровень знаний структурных форм углерода и физико-химических свойств углеродных материалов |
| Умеет исследовать физико–химические и электрохимические процессы на углеродных материалах |
| В полном объеме владеет современными теоретическими и экспериментальными методами исследования электрохимических и физико-химических процессов на углеродных материалах |
| «не зачтено» | Демонстрирует слабый уровень знаний структурных форм углерода и физико-химических свойств углеродных материалов |
| Не умеет исследовать физико–химические и электрохимические процессы на углеродных материалах |
| Не владеет современными теоретическими и экспериментальными методами исследования электрохимических и физико-химических процессов на углеродных материалах |

**5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**5.1 Основная литература:**

1. Мелешко А.И., Половников С.П. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. - М.: «САЙНС-ПРЕСС», 2007. -192 с. (Книгафонд) [http:// http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/](http://lib.tsutmb.ru/)

2. Тарасевич М.Р. Электрохимия углеродных материалов. – М.: Наука, 1984. -253 с. (Книгафонд) [http:// http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/](http://lib.tsutmb.ru/)

3. **В.И. Вигдорович и др.** Теоретические и прикладные вопросы нанотехнологий (современное состояние и проблемы : монография. Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2016. - 185 с. [http:// http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/](http://lib.tsutmb.ru/)

**5.2** **Дополнительная литература:**

1. Щурик А.Г. Искусственные углеродные материалы. Пермь, 2009. -342 с. (Книгафонд) [http:// http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/](http://lib.tsutmb.ru/)

2. Ангал, Р. Коррозия и защита от коррозии : [учеб. пособие] / Р. Ангал ; пер. с англ. А.Д. Калашникова .— Долгопрудный : Издат. Дом "Интеллект", 2013 .— 344 с. (Книгафонд) [http:// http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/](http://lib.tsutmb.ru/)

3. Фахльман , Б. Химия новых материалов и нанотехнологии : [учеб. пособие] : [науч. издание] / Б. Фахльман ; пер. с англ. Д.О. Чиркина, В.В. Уточниковой; под ред. Ю.Д. Третьякова, Е.А. Гудилина .— Долгопрудный : Издат. Дом "Интеллект" , 2011 (Книгафонд) [http:// http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/](http://lib.tsutmb.ru/)

4. Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И.Физико-технологические основы макро-,микро- и наноэлектроники Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2011 г. (Книгофонд) [http:// http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/](http://lib.tsutmb.ru/)

5. Рамбиди Н.Г., Березкин А.В.Физические и химические основы нанотехнологий Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2009 г. (Книгафонд) [http:// http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/](http://lib.tsutmb.ru/)

**5.3** **Иные источники:** не предусмотрены.

**6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

**Электронная информационно-образовательная среда**

<http://moodle.tsutmb.ru>

Взаимодействие преподавателя и аспиранта в процессе освоения дисциплины осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.

**Лицензионное программное обеспечение:**

Операционная система Microsoft Windows XP SP3

Office 2007

Антивирус Каcперского 10.2.6.3733

**Информационные справочные системы и профессиональные базы данных:**

|  |  |
| --- | --- |
| ЭБС «Университетская библиотека онлайн» | [http://www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru/) |
| ЭБС «Консультант студента»: Медицина. Здравоохранение, Комплект Гуманитарные науки | [http://www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru/) |
| ЭБС «IPRSMART» (старое название  « IPR books») | [http://iprbookshop.ru](http://iprbookshop.ru/) |
| ЭБС «Юрайт» | [http://www.urait.ru](http://www.urait.ru/) |
| Сетевая электронная библиотека педагогических вузов | <https://e.lanbook.com/> |
| Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU | [http://elibrary.ru](http://elibrary.ru/) |
| Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» | [https://нэб.рф](https://xn--90ax2c.xn--p1ai/) |
| Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина | [http://www.prlib.ru](http://www.prlib.ru/) |
| Электронный справочник «Информио» | [www.informio.ru](http://www.informio.ru/) |
| Архив научных журналов зарубежных издательств | [https://arch.neicon.ru](https://arch.neicon.ru/) |
| БД AIPP E-Book Collection I + Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства AIP Publishing в области прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др. | <https://www.scitation.org/ebooks> |
| Коллекции журналов:   * Life Sciences Package и БД Springer Nature, * Social Sciences Package и БД Springer Nature, * Physical Sciences & Engineering Package   – полнотекстовые политематические базы академических журналов | [www.nature.com](http://www.nature.com) |
| БД 2021 - 2023 eBook Collections  издательства Springer Nature  – полнотекстовая политематическая база академических книг | <https://link.springer.com/> |
| Математические журналы –  МИАН. Полнотекстовая коллекция математических журналов | [http://www.mathnet.ru](http://www.mathnet.ru/) |