

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики  
А.С. Батурин**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Современные функциональные и конструкционные материалы
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра нанометрологии и наноматериалов
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

- лекции: 60 час.
- семинары: 0 час.
- лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: С.М. Морозова, канд. хим. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры нанометрологии и наноматериалов 12.02.2024

## Аннотация

Дисциплина направлена на развитие профильных компетенций и представлений об основных физико-химических свойствах функциональных и конструкционных материалах вследствие углубления и систематизации знаний о классификации, технологиях получения, обработки и особенностях эксплуатационных характеристик функциональных и конструкционных материалов с целью планирования, разработки, анализа и применения данных материалов в области энергетики

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- формирование у обучающихся специализированных представлений о видах, химической природе, основных физико-химических свойствах функциональных, конструкционных материалов и их применении в области энергетики.

#### Задачи дисциплины

- углубление базовых фундаментальных и формирование специализированных знаний и представлений о химической природе, физико-химических свойствах, эксплуатационных характеристиках функциональных и конструкционных материалов, применяемых для создания электрохимических накопителей энергии.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основные виды функциональных и конструкционных материалов, используемых для создания электрохимических накопителей энергии, их преимущества и недостатки, физико-химические свойства;
- основы технологии получения и обработки функциональных и конструкционных материалов;
- особенности эксплуатационных характеристик функциональных и конструкционных материалов в электрохимических накопителях энергии.

уметь:

- подбирать материал (класс, состав, химическая природа) для создания отдельных элементов электрохимических накопителей энергии;
- объяснять принципы работы различных функциональных материалов, используемых в электрохимических накопителях энергии, выбирать методы их характеристики;
- анализировать результаты испытаний физико-химических свойств материалов;
- анализировать научную литературу с целью выбора информации о работе, перспективах и характеристиках различных материалов для ХИТ;
- готовить материалы для электрохимических накопителей энергии, включая электродные материалы, мембраны различной природы, жидкие электролиты.

владеть:

- основными химическими и физическими теориями и концепциями, описывающими физико-химические свойства функциональных и конструкционных материалов, включая прочностные характеристики, электронную и ионную проводимость, условия применимости материалов;
- основными электрохимическими методами характеристики различных функциональных и конструкционных материалов, используемых в электрохимических накопителях энергии;
- навыками к интерпретации и обсуждения результатов проведенного исследования, основываясь на современной литературе.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Общая классификация материалов	2			1
2	Неорганические функциональные материалы	2			1
3	Материалы для термоэлектрических применений	2			1
4	Электронная проводимость	2			1
5	Ионная проводимость	2			1
6	Неорганические наночастицы	2			1
7	Получение пленок, мембран, изделий из функциональных неорганических материалов	2			1
8	Органические материалы в химических источниках тока	2			1
9	Неорганические материалы в химических источниках тока	2			1
10	Изготовление электродных материалов для металл-ионных батарей	2			1

11	Параметры оценки электродных материалов для металл-ионных батарей	2			1
12	Электродные материалы для топливных элементов	2			1
13	Керамические твердые проводники для твердотопливных элементов и металл-ионных батарей	2			1
14	Комплексы металлов. Катализаторы для топливных элементов	2			1
15	Тенденции развития функциональных неорганических и гибридных материалов	2			1
16	Полимеры. Молекулярная масса. Методы синтеза	2			2
17	Растворы полимеров	2			2
18	Механика полимеров. Фазовые переходы	2			2
19	Проводимость полимерных материалов	2			2
20	Методы обработки полимерных материалов	2			2
21	Получение пленок, мембран, покрытий	2			2
22	Твердые полимерные электролиты для металл-ионных батарей	2			2
23	Гелевые полимерные электролиты для металл-ионных батарей	2			2
24	Твердые и гелевые полимерные электролиты для топливных элементов и других электрохимических устройств	2			2
25	Стимул-чувствительные материалы. Сенсоры	2			2
26	Конструкционные металлические материалы	2			2
27	Конструкционные неметаллические материалы	2			2
28	Композиционные полимерные материалы. Углепластики. Армированные полимеры. Применение	2			2
29	Цифровое материаловедение	2			2
30	Тенденции развития полимерных функциональных и конструкционных материалов	2			2
Итого часов		60			45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Общая классификация материалов

Неорганические, органические, полимерные и гибридные материалы. Основные физико-химические свойства материалов, включая механические свойства, термо- и химическую стойкость, проводимость, оптические свойства, токсичность. Примеры применений в современном мире с фокусом на электрохимические источники энергии, включая металл-ионные батареи и топливные элементы

## 2. Неорганические функциональные материалы

Неорганические материалы. Оксиды, керамика, соли, металлы. Примеры наиболее часто используемых неорганических материалов в электрохимических накопителях энергии. Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки. Методы получения неорганических материалов

## 3. Материалы для термоэлектрических применений

Функциональные материалы. Явление термоэлектричества. Эффект Зеебека и эффект Пельтье. Явление термоЭДС. Принцип действия термоэлектрических элементов. Термоэлектрические модули. Коммерческие термоэлектрические материалы

## 4. Электронная проводимость

Функциональные материалы. Понятие проводник, полупроводник, диэлектрик. Электронная и ионная проводимость. Твердые и жидкие электролиты.

## 5. Ионная проводимость

Принцип импедансной спектроскопии для определения проводимости материалов. Измерение Электропроводности соединений со смешанной проводимостью. Определение удельного сопротивления.

## 6. Неорганические наночастицы

Функциональные материалы. Квантовые точки. Углеродные наночастицы: фуллерены, нанодIAMазы, углеродные нанотрубки. Коллоидная стабильность. Классификация наночастиц и материалов на их основе. Гибридные органо-неорганические материалы. Методы синтеза наночастиц «bottom up» и «top down».

## 7. Получение пленок, мембран, изделий из функциональных неорганических материалов

Функциональные материалы. Методы обработки органических, неорганических и гибридных материалов. Получение пленок, покрытий и мембран методами спинкоатинга, электрораспыления, раствором поливным способом. Изготовление изделий методами формования. Нанолитографические методы.

## 8. Органические материалы в химических источниках тока

Функциональные материалы. Классификация источников тока. Металл-ионные батареи, включая литиевые и натриевые. Металл-воздушные батареи. Топливные элементы. Устройство металл-ионного химического источника тока. Протекающие химические реакции. Тепловой разгон. Требования к стойкости для используемых материалов. Органические материалы. Жидкие электролиты, в том числе на основе органических карбонатов. Ионные жидкости как компонентов электролитов.

## 9. Неорганические материалы в химических источниках тока

Функциональные материалы. Электродные материалы для металл-ионных батарей. Материалы для электродов. Теоретическая емкость. Методы изготовления электродных материалов.

## 10. Изготовление электродных материалов для металл-ионных батарей

Виды связующих компонентов и их роль при изготовлении электродного материала.

## 11. Параметры оценки электродных материалов для металл-ионных батарей

Методы оценки качества электродного материала.

## 12. Электродные материалы для топливных элементов

Функциональные материалы. Принцип действия топливных элементов. Классификация топливных элементов включая элементов-водородно-кислородные топливные элементы, микробные топливные элементы, твердооксидные топливные элементы, Цинково-воздушные топливные элементы, прямые метанольные топливные элементы. Электродные материалы для топливных элементов с протонопроводящей полимерной мембраной

## 13. Керамические твердые проводники для твердопливных элементов и металл-ионных батарей

Функциональные материалы. Физические свойства керамических материалов. Керамические твердые проводники для твердопливных элементов и металл-ионных батарей. NASICON и аналогичные материалы. Особенности работы с керамическими мембранами.

## 14. Комплексы металлов. Катализаторы для топливных элементов

Функциональные материалы. Комплексы металлов. Понятие катализатора. Теория Баландина. Носители для катализаторов. Катализаторы для топливных элементов: платиновые и неплатиновые группы. Условия деградации катализаторов.

## 15. Тенденции развития функциональных неорганических и гибридных материалов

Функциональные материалы. Тенденции развития функциональных неорганических и гибридных материалов, включая как электрохимические источники тока и топливные элементы, так и другие электрохимические устройства, в том числе «умные стекла», сенсоры и др.

## Семестр: 2 (Весенний)

## 16. Полимеры. Молекулярная масса. Методы синтеза

Функциональные материалы. Полимеры. Строение полимеров, включая основную и боковую цепь. Классификация по природе (синтетические и биополимеры), по природе основной полимерной цепи (карбоцепные и гетероцепные), по макромолекулярной архитектуре (сшитые, линейные, гребнеобразные, привитые, дендримеры и др.). Молекулярная масса. Понятие среднечисловой и средневесовой молекулярной массы. Полидисперсность. Связь молекулярно-массовых характеристик со свойствами полимеров. Методы синтеза. Свободнорадикальная полимеризация с различными методами инициирования (термо-, УФ- и радиационное инициирование). Методы синтеза с контролем молекулярной массы: живая и псевдоживая радикальная полимеризация. Поликонденсация.

## 17. Растворы полимеров

Функциональные материалы. Растворы полимеров. Вязкость полимеров и их растворов. Понятие хороший, плохой и  $\theta$ -растворитель. Состояние полимера в растворе. Влияние параметров раствора полимера на изделия и пленки на основе полимеров.

## 18. Механика полимеров. Фазовые переходы

Функциональные материалы. Понятие сегмента Куна. Температура плавления, стеклования и кристаллизации. Кристалличность полимеров. Стеклообразное, вязкотекучее и высокоэластичное состояние полимеров. Кривые деформации полимеров для различных фазовых состояний. Релаксационные процессы в полимерах.

## 19. Проводимость полимерных материалов

Функциональные материалы. Классификация полимерных материалов. Композиты на основе полимеров. Проводимость полимерных материалов. Полимеры с электронной проводимостью, включая полипиррол, полианилин, поли(3,4-этилендиокситиофен). Введение проводящих добавок (сажа, углеродные наночастицы и др) в полимеры для придания им проводящих свойств. Ионная проводимость в полимерах. Полиэлектролиты.

## 20. Методы обработки полимерных материалов

Функциональные материалы. Методы обработки полимерных материалов. Формование, литье, экструзия, аддитивные технологии.

## 21. Получение пленок, мембран, покрытий

пленкоотложение, электрораспыление и электроспиннинг, литографические методы.

## 22. Твердые полимерные электролиты для металл-ионных батарей

Функциональные материалы. Методы получения. Полимерные электролиты на основе полиэтиленоксида.

## 23. Гелевые полимерные электролиты для металл-ионных батарей

Наполнение полимерных мембран солями. Ионные жидкости как компоненты полимерных мембран.

## 24. Твердые и гелевые полимерные электролиты для топливных элементов и других электрохимических устройств

Твердые и гелевые полимерные электролиты для топливных элементов и других электрохимических устройств.

Функциональные материалы. Структура перфторированных сульфосодержащих полимеров Nafion и Aquion. Полибензимидазолы и др. полимеры для топливных элементов.

## 25. Стимул-чувствительные материалы. Сенсоры

Стимул-чувствительные материалы. Сенсоры.

Функциональные материалы. Стимул-чувствительные материалы на основе полимерных и гибридных материалов. Сенсоры: оптические, температурные, сенсоры давления. Сенсоры для определения теплового разгона в металл-ионных батареях

## 26. Конструкционные металлические материалы

Конструкционные металлические материалы.

Конструкционные материалы. Металлические материалы. Металлы и сплавы. Методы переработки. Прочностные характеристики и применение

## 27. Конструкционные неметаллические материалы

Конструкционные неметаллические материалы.

Конструкционные материалы. Неметаллические материалы. Графит, керамика, полимеры. Прочностные характеристики и применение.

## 28. Композиционные полимерные материалы. Углепластики. Армированные полимеры. Применение

Композиционные полимерные материалы. Углепластики. Армированные полимеры. Применение.

## 29. Цифровое материаловедение

Конструкционные материалы. Моделирование свойств, в том числе прочностных свойств.

## 30. Тенденции развития полимерных функциональных и конструкционных материалов

Тенденции развития полимерных функциональных и конструкционных материалов.

Тенденции развития полимерных функциональных и конструкционных материалов, включая как электрохимические источники тока и топливные элементы, так и другие электрохимические устройства, в том числе «умные стекла», сенсоры и др.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором, меловой или маркерной доской.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

Литература выдается на базовой кафедре:

1. Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. Электрохимия. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 672 с.
2. Киреев, В. В. Высокомолекулярные соединения. Часть 1. ООО «Издательство Юрайт» 2017 – 361с - ISBN 978-5-9916-7150-7 (ч. 1)
3. Семчиков, Ю. Д., Жильцов, С. Ф., & Зайцев, С. Д. (2012). Введение в химию полимеров. Издательство «Академия», 978-5-7695-7071-1
4. Солнцев, Ю. П., Ермаков, Б. С., & Пирайнен, В. Ю. (2014). Технология конструкционных материалов.

### Дополнительная литература

Литература выдается на базовой кафедре:

1. Linden's Handbook of Batteries, 4th Edition. Edited by T.B.Reddy. McGraw-Hill, 2010
2. Вест, А. (1988). Химия твердого тела. Теория и приложения. Часть 2. М.: Мир.

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются



**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Не предусмотрены

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра нанометрологии и наноматериалов
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
2 (весенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	С.М. Морозова, канд. хим. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Современные функциональные и конструкционные материалы» обучающийся должен:

### знать:

- основные виды функциональных и конструкционных материалов, используемых для создания электрохимических накопителей энергии, их преимущества и недостатки, физико-химические свойства;
- основы технологии получения и обработки функциональных и конструкционных материалов;
- особенности эксплуатационных характеристик функциональных и конструкционных материалов в электрохимических накопителях энергии.

### уметь:

- подбирать материал (класс, состав, химическая природа) для создания отдельных элементов электрохимических накопителей энергии;
- объяснять принципы работы различных функциональных материалов, используемых в электрохимических накопителях энергии, выбирать методы их характеристики;
- анализировать результаты испытаний физико-химических свойств материалов;
- анализировать научную литературу с целью выбора информации о работе, перспективах и характеристиках различных материалов для ХИТ;
- готовить материалы для электрохимических накопителей энергии, включая электродные материалы, мембраны различной природы, жидкие электролиты.

### владеть:

- основными химическими и физическими теориями и концепциями, описывающими физико-химические свойства функциональных и конструкционных материалов, включая прочностные характеристики, электронную и ионную проводимость, условия применимости материалов;
- основными электрохимическими методами характеристики различных функциональных и конструкционных материалов, используемых в электрохимических накопителях энергии;
- навыками к интерпретации и обсуждения результатов проведенного исследования, основываясь на современной литературе.

### 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В начале каждого занятия проводится краткий опрос по теме предыдущего занятия.

### 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к дифференцированному зачету в осеннем семестре:

1. Неорганические материалы. Оксиды, керамика, соли, металлы. Кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки. Методы получения неорганических материалов.
2. Материалы для термоэлектрических применений. Явление термоэлектричества. Эффект Зеебека и эффект Пельтье.
3. Явление термоЭДС. Принцип действия термоэлектрических элементов. Термоэлектрические модули. Коммерческие термоэлектрические материалы.
4. Понятие проводник, полупроводник, диэлектрик. Электронная и ионная проводимость. Твердые и жидкие электролиты.
5. Принцип импедансной спектроскопии для определения проводимости материалов. Измерение электропроводности соединений со смешанной проводимостью. Определение удельного сопротивления.
6. Неорганические наночастицы. Квантовые точки. Углеродные наночастицы: фуллерены, наноалмазы, углеродные нанотрубки. Методы синтеза наночастиц «bottom up» и «top down».
7. Коллоидная стабильность наночастиц. Классификация наночастиц и материалов на их основе. Гибридные органо-неорганические материалы.
8. Методы обработки органических, неорганических и гибридных материалов. Изготовление изделий методами формования. Нанолитографические методы.
9. Методы изготовления пленок, покрытий и мембран. Принципы спинкоатинга, электрораспыления, растворного поливного способа.
10. Жидкие электролиты для металл-ионных батарей, в том числе на основе органических карбонатов. Ионные жидкости как компонентов электролитов.

Вопросы к экзамену в весеннем семестре:

1. Электродные материалы для металл-ионных батарей. Материалы для электродов. Теоретическая емкость. Методы изготовления электродных материалов.
2. Керамические твердые проводники для твердопливных элементов и металл-ионных батарей. NASICON и аналогичные материалы. Особенности работы с керамическими мембранами.
3. Комплексы металлов. Понятие катализатора. Теория Баландина. Носители для катализаторов. Катализаторы для топливных элементов: платиновые и неплатиновые группы. Условия деградации катализаторов.
4. Полимеры. Строение полимеров, включая основную и боковую цепь. Классификация полимеров. Методы получения полимеров.
5. Понятие молекулярно-массовых характеристик полимеров, включая полидисперсность. Связь молекулярно-массовых характеристик полимеров с их свойствами.

6. Растворы полимеров. Вязкость полимеров и их растворов. Понятие хороший, плохой и  $\theta$ -растворитель. Состояние полимера в растворе. Влияние параметров раствора полимера на изделия и пленки на основе полимеров.
7. Фазовые переходы. Понятие сегмента Куна. Температура плавления, стеклования и кристаллизации. Кристалличность полимеров. Стеклообразное, вязкотекучее и высокоэластичное состояние полимеров.
8. Механика полимерных материалов. Кривые деформации полимеров для различных фазовых состояний. Релаксационные процессы в полимерах.
9. Полимеры с электронной проводимостью, включая полипиррол, полианилин, поли(3,4-этилендиокситиофен).
10. Проводящие композитные материалы на основе полимеров. Виды проводящих добавок и методы введения.
11. Полимеры с ионной проводимостью. Полиэлектролиты. Химическая структура и методы получения.
12. Методы обработки полимерных материалов. Формование, литье, экструзия, аддитивные технологии, спинкоатинг, электрораспыление и электроспиннинг, литографические методы.
13. Методы получения полимерных пленок и мембран.
14. Твердые и гелевые полимерные электролиты для металл-ионных батарей. Методы получения. Полимерные электролиты на основе полиэтиленоксида.
15. Полимеры для создания мембран для топливных элементов. Структура перфторированных сульфосодержащих полимеров Nafion и Aquvion. Полибензимидазолы и др. полимеры для топливных элементов.
16. Металлы и сплавы как конструкционные материалы. Методы переработки. Прочностные характеристики и применение.
17. Неметаллические материалы. Графит, керамика, полимеры как конструкционные материалы. Прочностные характеристики и применение.
18. Композиционные полимерные материалы. Углепластики. Армированные полимеры. Применение.
19. Цифровое материаловедение. Моделирование свойств, в том числе прочностных свойств.
20. Тенденции развития полимерных функциональных и конструкционных материалов, включая как электрохимические источники тока и топливные элементы, так и другие электрохимические устройства, в том числе «умные стекла», сенсоры и др.

Дополнительные вопросы:

1. На рисунке представлена рентгенограмма кристаллического полимера, полиэтиленоксида, и кристаллического неорганического оксида,  $\text{LiCoO}_2$ . Соотнесите рентгенограммы объясните свой выбор.
2. На рисунке представлены данные измерения молекулярно-массовых характеристик перфторированного сульфоинонного полимера со структурой Nafion из двух разных партий. Будут ли отличаться прочностные характеристики пленок, полученных из разных партий полимера? Почему?
3. Предложите материал с высокой ионной проводимостью и термической стойкостью до 300°C.
4. Опишите различие в ионной проводимости для ионной жидкости, полимерного электролита и твердой соли.
5. Оцените преимущества и недостатки углепластиков по сравнению с металлическими материалами.

Примеры экзаменационных билетов.

Пример 1:

1. Керамические материалы. Определение и методы получения. Структура NASICON и объяснение ионной проводимости.
2. Предложите материал, который бы мог использоваться для создания биполярных пластин в топливном элементе с протонпроводящей полимерной мембраной. Перечислите критерии выбора в соответствии с эксплуатационными характеристиками.

Пример 2:

1. Приведите пример полимерных материалов (можно композитных), обладающих ионной проводимостью и объясните взаимосвязь химической структурой и проводимостью.
2. Перечислите методы получения пленок, мембран и покрытий.

#### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

#### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

В осеннем семестре предусмотрен дифференцированный зачет (устный, который проводится по вопросам программы (в билете два теоретических вопроса). Опрос по билету не может превышать 40 минут, на подготовку выделяется не более 30 минут.

В весеннем семестре предусмотрен устный экзамен, проводимый по билетам. В экзаменационном билете два вопроса. Опрос по билету не должен превышать 40 минут, время на подготовку у ответу не более 40 минут.