

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1143614	Функциональные неорганические материалы

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Химия и физика новых функциональных материалов	Код ОП 1. 04.04.02/33.01
Направление подготовки 1. Химия, физика и механика материалов	Код направления и уровня подготовки 1. 04.04.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Алябышева Ирина Владимировна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	физической и неорганической химии
2	Ахматханов Андрей Ришатович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
3	Гусева Анна Федоровна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	физической и неорганической химии
4	Калинина Елена Григорьевна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	физической и неорганической химии
5	Якунин Михаил Викторович	доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник	Профессор	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Функциональные неорганические материалы**

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из четырех дисциплин: «Материалы для электрохимических устройств преобразования энергии», «Наноструктурированные композиционные материалы», «Сегнето и пьезоэлектрики», «Современные полупроводниковые материалы и гетероструктуры». Модуль прививает навыки получения фундаментальных знаний о природе физических явлений в полупроводниковых материалах и системах с пониженной размерностью на основе полупроводниковых гетероструктур; сегнето- и пьезоэлектриках; кристаллических веществах для получения и преобразования энергии с учетом разупорядочения структуры; композитных материалах.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Сегнето и пьезоэлектрики	3
2	Современные полупроводниковые материалы и гетероструктуры	3
3	Наноструктурированные композиционные материалы	3
4	Материалы для электрохимических устройств преобразования энергии	3
ИТОГО по модулю:		12

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Электро- и массоперенос в твердых телах 2. Физические свойства твердых тел
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
---------------------------	--------------------------------	--

1	2	3
<p>Материалы для электрохимических устройств преобразования энергии</p>	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
	<p>ПК-1 - Способен проводить синтез и комплексные исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, модифицировать имеющиеся экспериментальные методики, выбирая оптимальный способ решения поставленной задачи</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение и возможности модифицирования методов синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов планирования научно-исследовательской работы</p> <p>У-1 - Выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов в выбранной области профессиональной деятельности</p>

		<p>У-2 - Составлять общий план научно-исследовательской работы и детальные планы ее отдельных стадий</p> <p>П-1 - Иметь опыт выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p> <p>П-2 - Иметь опыт планирования НИР в целом и отдельных стадий НИР</p>
	<p>ПК-2 - Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии, физики и/или смежных наук</p>	<p>З-1 - Представлять возможности существующих поисковых систем и электронных библиотек, используемые для поиска химической, в том числе патентной информации</p> <p>У-1 - Анализировать и обобщать результаты информационного/патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии физики и/или смежных наук</p> <p>П-1 - Иметь опыт работы с поисковыми системами, электронными библиотеками, базами данных по химии, физике и смежным областям</p>
	<p>ПК-3 - Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии и физики</p>	<p>З-1 - Представлять актуальные направления теоретических и экспериментальных исследований и областей практического применения результатов в выбранной области химии и физики</p> <p>У-1 - Определять возможные направления развития теоретических и экспериментальных работ и перспективы практического применения полученных результатов в своей профессиональной области</p> <p>У-2 - Систематизировать информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализировать ее и сопоставлять с литературными данными</p> <p>П-1 - Иметь опыт прогнозирования направления собственных исследований с учетом практического применения результатов</p>

		<p>П-2 - Иметь опыт анализа полученных экспериментальных и/или теоретических результатов собственного исследования в сравнении с литературными данными</p>
	<p>ПК-4 - Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение методов исследования, необходимых для решения технологических задач</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов организации и планирования материально-технического сопровождения НИР и НИОКР</p> <p>У-1 - Предлагать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p> <p>У-2 - Планировать отдельные стадии и работу в целом, организовать материально-техническое сопровождение прикладных НИР и НИОКР</p> <p>П-1 - Иметь опыт выбора методов решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР с учетом глобальных вызовов и неопределенностей</p> <p>П-2 - Иметь опыт планирования отдельных стадий НИР и НИОКР и работы в целом, материально-технического сопровождения прикладных НИР и НИОКР</p>
<p>Наноструктурированные композиционные материалы</p>	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных экспериментов с использованием современной методологии, методов, оборудования и техники</p> <p>Д-2 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и</p>	<p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно</p>

<p>обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
<p>ПК-1 - Способен проводить синтез и комплексные исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, модифицировать имеющиеся экспериментальные методики, выбирая оптимальный способ решения поставленной задачи</p>	<p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов планирования научно-исследовательской работы</p> <p>У-1 - Выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов в выбранной области профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Составлять общий план научно-исследовательской работы и детальные планы ее отдельных стадий</p> <p>П-1 - Иметь опыт выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p> <p>П-2 - Иметь опыт планирования НИР в целом и отдельных стадий НИР</p>
<p>ПК-2 - Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии, физики и/или смежных наук</p>	<p>У-1 - Анализировать и обобщать результаты информационного/патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии физики и/или смежных наук</p>
<p>ПК-3 - Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического</p>	<p>З-1 - Представлять актуальные направления теоретических и экспериментальных исследований и областей практического применения результатов в выбранной области химии и физики</p>

	<p>применения и продолжения работ в выбранной области химии и физики</p>	<p>У-1 - Определять возможные направления развития теоретических и экспериментальных работ и перспективы практического применения полученных результатов в своей профессиональной области</p> <p>У-2 - Систематизировать информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализировать ее и сопоставлять с литературными данными</p> <p>П-2 - Иметь опыт анализа полученных экспериментальных и/или теоретических результатов собственного исследования в сравнении с литературными данными</p>
	<p>ПК-4 - Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p>	<p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов организации и планирования материально-технического сопровождения НИР и НИОКР</p> <p>У-1 - Предлагать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p> <p>У-2 - Планировать отдельные стадии и работу в целом, организовать материально-техническое сопровождение прикладных НИР и НИОКР</p> <p>П-1 - Иметь опыт выбора методов решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР с учетом глобальных вызовов и неопределенностей</p> <p>П-2 - Иметь опыт планирования отдельных стадий НИР и НИОКР и работы в целом, материально-технического сопровождения прикладных НИР и НИОКР</p>
<p>Сегнето и пьезоэлектрики</p>	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p> <p>ОПК-3 - Способен анализировать,</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам</p>

<p>интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
<p>ПК-1 - Способен проводить синтез и комплексные исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, модифицировать имеющиеся экспериментальные методики, выбирая оптимальный способ решения поставленной задачи</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение и возможности модифицирования методов синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов планирования научно-исследовательской работы</p> <p>У-1 - Выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов в выбранной области профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Составлять общий план научно-исследовательской работы и детальные планы ее отдельных стадий</p>
<p>ПК-2 - Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии, физики и/или смежных наук</p>	<p>У-1 - Анализировать и обобщать результаты информационного/патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии физики и/или смежных наук</p> <p>П-1 - Иметь опыт работы с поисковыми системами, электронными библиотеками, базами данных по химии, физике и смежным областям</p>
<p>ПК-3 - Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии и физики</p>	<p>З-1 - Представлять актуальные направления теоретических и экспериментальных исследований и областей практического применения результатов в выбранной области химии и физики</p> <p>У-1 - Определять возможные направления развития теоретических и экспериментальных работ и перспективы практического применения полученных результатов в своей профессиональной области</p>

		<p>П-1 - Иметь опыт прогнозирования направления собственных исследований с учетом практического применения результатов</p> <p>П-2 - Иметь опыт анализа полученных экспериментальных и/или теоретических результатов собственного исследования в сравнении с литературными данными</p>
	<p>ПК-4 - Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение методов исследования, необходимых для решения технологических задач</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов организации и планирования материально-технического сопровождения НИР и НИОКР</p> <p>У-1 - Предлагать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p> <p>П-1 - Иметь опыт выбора методов решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР с учетом глобальных вызовов и неопределенностей</p>
Современные полупроводниковые материалы и гетероструктуры	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p>

<p>профессиональной области</p>	<p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
<p>ПК-1 - Способен проводить синтез и комплексные исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, модифицировать имеющиеся экспериментальные методики, выбирая оптимальный способ решения поставленной задачи</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение и возможности модифицирования методов синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов</p> <p>У-1 - Выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы синтеза и исследования свойств функциональных и конструкционных материалов, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов в выбранной области профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Составлять общий план научно-исследовательской работы и детальные планы ее отдельных стадий</p> <p>П-2 - Иметь опыт планирования НИР в целом и отдельных стадий НИР</p>
<p>ПК-2 - Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии, физики и/или смежных наук</p>	<p>З-1 - Представлять возможности существующих поисковых систем и электронных библиотек, используемые для поиска химической, в том числе патентной информации</p> <p>У-1 - Анализировать и обобщать результаты информационного/патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии физики и/или смежных наук</p>
<p>ПК-3 - Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии и физики</p>	<p>З-1 - Представлять актуальные направления теоретических и экспериментальных исследований и областей практического применения результатов в выбранной области химии и физики</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов анализа и систематизации результатов НИР и НИОКР</p> <p>У-1 - Определять возможные направления развития теоретических и экспериментальных работ и перспективы практического применения полученных результатов в своей профессиональной области</p>

		П-1 - Иметь опыт прогнозирования направления собственных исследований с учетом практического применения результатов
	ПК-4 - Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР	<p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов организации и планирования материально-технического сопровождения НИР и НИОКР</p> <p>У-1 - Предлагать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p> <p>У-2 - Планировать отдельные стадии и работу в целом, организовать материально-техническое сопровождение прикладных НИР и НИОКР</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Сегнето и пьезоэлектрики

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Ахматханов Андрей Ришатович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
2	Шур Владимир Яковлевич	доктор физико-математических наук, профессор	профессор	Кафедра физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Ахматханов Андрей Ришатович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
- Шур Владимир Яковлевич, профессор, Кафедра физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Развитие учения о сегнетоэлектричестве. Основные физические свойства сегнетоэлектриков. Температурная зависимость спонтанной поляризации и диэлектрических характеристик при фазовых переходах I и II рода. Закон Кюри-Вейсса. Сегнетоэлектрики типа смещения и типа порядок-беспорядок. Пироэлектрики, сегнетоэластики, антисегнетоэлектрики - определения и основные свойства.
2	Домены	Сегнетоэлектрические домены и их симметрия. Методы наблюдения доменной структуры сегнетоэлектриков. Статическая доменная структура в одноосных и многоосных сегнетоэлектриках. Формирование доменной структуры при сегнетоэлектрическом фазовом переходе.
3	Экранирование	Внешнее и объемное экранирование деполяризующих полей. Влияние собственных диэлектрических зазоров. Связанное внутреннее поле. Эффект усталости.
4	Кинетика доменов	Механизмы переключения поляризации в сегнетоэлектриках. Кинетика доменной структуры одноосных сегнетоэлектриков в электрическом поле. Зародышеобразование. Боковое движение доменных стенок.

5	Процессы переключения поляризации	Интегральные методы исследования. Петля диэлектрического гистерезиса. Метод Сойера-Тауера. Модель Прейсаха и ее модификации. Ток переключения. Методика Мерца. Формула Колмогорова-Аврами. Влияние конечных размеров.
6	Теория сегнетоэлектрических фазовых переходов	Основы теории Ландау. Феноменологическая теория фазовых переходов II рода. Теория фазовых переходов I рода (близкого ко II-му).
7	Феноменологическая теория несобственных сегнетоэлектриков	Теория антисегнетоэлектриков и их основные свойства. Сегнетоэластики. Релаксоры.
8	Микроскопическая теория сегнетоэлектричества	Динамическая теория. Концепция "мягкой моды".
9	Экспериментальное изучение сегнетоэлектриков	Спонтанная поляризация. Диэлектрические измерения в слабом поле. Исследования при высоких давлениях и в сильных электрических полях. Пироэлектрические и пьезоэлектрические свойства.
10	Фотосегнетоэлектрические явления	Оптические свойства сегнетоэлектриков. Фоторефрактивный эффект. Генерация второй гармоники – квазифазовый синхронизм.
11	Тонкие пленки	Методы создания тонких пленок. Интегральные сегнетоэлектрики. Сегнетоэлектрические запоминающие устройства. Эффекты деградации.
12	Применение сегнетоэлектриков	Устройства, основанные на эффекте переключения. Применения, основанные на зависимости характеристик от процессов переключения. Гибридные структуры. Применение сегнетоэлектриков без переключения.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации /полностью на иностранном языке.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сегнето и пьезоэлектрики

Электронные ресурсы (издания)

1. Червинский, М. М., Казарновский, Д. М.; Сегнетоэлектрики и перспективы их применения в вычислительной технике; Типография № 6 УПП Ленсовнархоза, Москва, Ленинград; 1962; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=110920> (Электронное издание)
2. Ким, , К. К.; Foundations of basic electronics : учебник.; Ай Пи Эр Медиа, Саратов; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/80362.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Струков, Б. А.; Физические основы сегнетоэлектрических явлений в кристаллах : [учебное пособие для физических специальностей вузов].; Наука, Москва; 1983 (21 экз.)
2. Фридкин, В. М.; Фотосегнетоэлектрики; Наука, Москва; 1979 (8 экз.)
3. Лайнс, М., Леманов, В. В., Смоленский, Г. А.; Сегнетоэлектрики и родственные им материалы; Мир, Москва; 1981 (10 экз.)
4. Busch, Busch G., Schade, Schade H.; Lectures on Solid State Physics; Pergamon Press, Oxford; New York; Toronto et al.; 1976 (1 экз.)
5. Haman, Haman C., Burghardt, H., Frauenhein, T.; Electrical Conduction Mecanisms in Solids : Phys. Monogr.; VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin; 1988 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<http://www.tandfonline.com>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://scitation.aip.org/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сегнето и пьезоэлектрики

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Современные полупроводниковые
материалы и гетероструктуры

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Якунин Михаил Викторович	доктор физико- математических наук, старший научный сотрудник	Профессор	Кафедра физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Якунин Михаил Викторович, Профессор, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	История открытия полупроводников. Основные свойства полупроводников. Применение полупроводников в науке и технике. Классификация полупроводников. Методы выращивания полупроводниковых кристаллов. Методы получения низко-размерных структур: двумерных квантовых слоев, квантовых проволок и точек.
2	Атомная структура	Внешние оболочки атомов и типы сил связи в твердых телах: ван-дер-ваальсова, ионная и ковалентная связь. Структуры важнейших полупроводников – элементарных и соединений типов A ₃ B ₅ , A ₂ B ₆ , A ₄ B ₆ . Трансляционная симметрия кристаллов. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка. Ячейка Вигнера—Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, её свойства. Зона Бриллюэна.
3	Зонная структура	Формулировка общей квантово-механической задачи. Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение. Простейшие модели: одномерный ящик и модель Кронига-Пенни. Теорема Блоха. Форма краев зон. Характер движения электрона в периодическом потенциале. Групповая скорость. Эффективная масса. Типы зонной структуры в кристаллических телах: металлы, полуметаллы, диэлектрики. Зонная структура конкретных полупроводников. Влияние внешних воздействий на зонную структуру.

4	Примеси и дефекты	Химическая природа и электронные свойства примесей. Примеси замещения, внедрения, вакансии. Точечные, линейные и двумерные дефекты. Граница кристалла, как дефект. Мелкие примесные уровни (водородоподобная примесь). Спектр и волновые функции мелких донорных и акцепторных состояний. Спектр слабо- и сильнолегированных полупроводников.
5	Статистика	Распределение Ферми-Дирака. Уровень Ферми. Вырожденный и невырожденный электронный газ. Плотность состояний. Эффективная масса плотности состояний. Концентрация носителей заряда в зонах и на локальных уровнях. Интегралы Ферми. Решение уравнения электронейтральности для собственного полупроводника. Решение уравнения электронейтральности в примесном полупроводнике.
6	Явления электронного переноса	Электропроводность. Подвижность. Транспортное время релаксации импульса. Закон Ома в анизотропных полупроводниках. Дрейфовая эффективная масса. Тензор электропроводности, эффект Холла и магнитосопротивления. Уравнение Больцмана. Правило усреднения времени релаксации импульса. Эффект Холла и магнитосопротивление. Время релаксации и вероятность квантовых переходов. Рассеяние на ионизированной примеси. Зависимость времени релаксации от энергии для различных механизмов рассеяния. Температурная зависимость подвижности.
7	Магнитные квантовые эффекты	Энергетический спектр электронов и дырок в магнитном поле. Плотность состояний. Учет спина. Осцилляции Шубникова-де Гааза. Определение концентрации и эффективной массы из осцилляций Шубникова-де Гааза. Магнитофононный резонанс (МФР). Определение эффективной массы из МФР. Межзонное и примесное магнитное вымораживание носителей. Циклотронный резонанс.
8	Новые полупроводниковые материалы	Магнитные и полумагнитные полупроводники. Спинтроника. Спиновый клапан. Спиновый транзистор. Спиновые светоизлучающие диоды. Органические полупроводников. Малые органические молекулы, полимеры. Органические полупроводниковые кристаллы. Электронная структура. Легирование. Транспортные свойства. Оптические свойства. Графен и углеродные нанотрубки. Структура. Зонная структура. Электрические и оптические свойства.
9	Гетероструктуры	Гетероструктуры. Методы выращивания. Размерное квантование. Двумерные и квазидвумерные электронные системы и структуры, в которых они реализуются. Контра- и ковариантные композиционные сверхрешетки, легированные сверхрешетки. Квантовые ямы. Квантовые нити. Квантовые точки. Энергетический спектр электронов и плотность состояний в этих системах. Оптические явления в структурах с квантовыми ямами. Межзонное поглощение и излучательная рекомбинация в этих структурах. Экситоны в квантовых ямах, квантово-размерный эффект Штарка. Электрические и гальваномагнитные явления в двумерных структурах. Квантовый эффект Холла.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации /полностью на иностранном языке.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Современные полупроводниковые материалы и гетероструктуры

Электронные ресурсы (издания)

1. Ансельм, А. И.; Введение в теорию полупроводников : монография.; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва, Ленинград; 1962; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=479539> (Электронное издание)
2. Бонч-Бруевич, В. Л.; Физика полупроводников; Наука, Москва; 1977; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483346> (Электронное издание)
3. Лебедев, А. И.; Физика полупроводниковых приборов : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68403> (Электронное издание)
4. Матвеев, Д. Ю.; Physics of the solid state = Физика твердого тела : учебное пособие.; Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», Астрахань; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/99527.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Ансельм, А. И., Алферов, Ж. И.; Введение в теорию полупроводников : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по физ. и техн. специальностям.; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (11 экз.)
2. Шалимова, К. В.; Физика полупроводников : Учебник для вузов по специальности "Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы"; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (9 экз.)
3. Бонч-Бруевич, В. Л.; Физика полупроводников; Наука, Москва; 1990 (18 экз.)
4. Лебедев, А. И.; Физика полупроводниковых приборов; Физматлит, Москва; 2008 (6 экз.)
5. Seeger, Seeger K.; Semiconductor Physics : An Introduction.; Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg; New York; 1982 (1 экз.)
6. Hama, Hama C., Burghardt, H., Frauenheim, T.; Electrical Conduction Mechanisms in Solids : Phys. Monogr.; VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin; 1988 (1 экз.)
7. Kaxiras, E.; Atomic and electronic structure of solids; Cambridge university press, Cambridge; 2003 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Электронные ресурсы ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>

Электронные ресурсы Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>

Электронные ресурсы ScienceDirect: <http://www.scifinder.com>

Электронные ресурсы Web of Science: <http://reaxys.org>

Зональная научная библиотека <http://library.urfu.ru/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Современные полупроводниковые материалы и гетероструктуры

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Доска аудиторная	
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Наноструктурированные композиционные
материалы

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Алябышева Ирина Владимировна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	физической и неорганической химии
2	Гусева Анна Федоровна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	физической и неорганической химии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Алябышева Ирина Владимировна, Доцент, физической и неорганической химии
- Гусева Анна Федоровна, Доцент, физической и неорганической химии

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Основные понятия. Историческая справка. Типы композитов. Классификации композиционных материалов. Преимущества композиционных материалов. Перспективы применения наноконпозиционных материалов.
2	Теория ионной проводимости	Модель пространственного заряда. Теория перколяции. Описание проводимости композитов. Уравнение смешения. Термодинамическое описание композитов.
3	Методы получения и аттестации композитов	Особенности получения композиционных и наноструктурированных композиционных материалов. Методы получения в твердой фазе, из раствора, из газовой фазы. Специфические методы получения композитов. Особенности исследования фазового состава, морфологии поверхности, электротранспортных свойств композитов.
4	Композиционные твердые электролиты	Функциональные композиционные материалы. Анионпроводящие электролиты. Катионпроводящие электролиты. Композиты на основе низкотемпературных и высокотемпературных протонных проводников.
5	Конструкционные композиционные материалы	Применение композиционных материалов в промышленности. Классификация конструкционных композиционных материалов. Композиты с полимерной матрицей. Стеклопластики. Керметы. Бетоны.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации /полностью на иностранном языке.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наноструктурированные композиционные материалы

Электронные ресурсы (издания)

1. Анимица, И. Е.; Протонный транспорт в сложных оксидах : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2014; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275713> (Электронное издание)
2. Bezrukov, A.; Introduction to Smart Material : tutorial.; Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/100508.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Чеботин, В. Н., Чеботин, В. Н.; Электрохимия твердых электролитов; Химия, Москва; 1978 (5 экз.)
2. Чеботин, В. Н., Козлова, В. И., Михайлов, А. Я.; Физическая химия твердого тела; Химия, Москва; 1982 (23 экз.)
3. Иванов-Шиц, А. К.; Т. 1 : [в 2 т.]; Изд-во С.-Петербур. ун-та, Санкт-Петербург; 2000 (2 экз.)
4. Иванов-Шиц, А. К., Мурин, И. В.; Ионика твердого тела : В 2 т. Т. 1. ; Издательство Санкт-Петербургского университета, Санкт-Петербург; 2000 (3 экз.)
5. Иванов-Шиц, А. К., Мурин, И. В.; Ионика твердого тела : в 2 т. Т. 2. ; Издательство Санкт-Петербургского университета, Санкт-Петербург; 2010 (5 экз.)
6. Кнотько, А. В.; Химия твердого тела : учеб. пособие для вузов.; Academia, Москва; 2006 (12 экз.)
7. Кнотько, А. В., Пресняков, И. А., Третьяков, Ю. Д.; Химия твердого тела : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 020101 (011000) "Химия"; Академия, Москва; 2006 (33 экз.)
8. Вест, А., Антони Р., Кауль, А. Р., Куценко, И. Б., Третьяков, Ю. Д.; Ч. 1 : теория и приложения.; Мир, Москва; 1988 (7 экз.)
9. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 1. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)
10. Вест, А., Антони Р., Кауль, А. Р., Куценко, И. Б., Третьяков, Ю. Д.; Ч. 2 : теория и приложения.; Мир, Москва; 1988 (5 экз.)
11. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 2. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)
12. Бокштейн, Б. С.; Диффузия атомов и ионов в твердых телах; МИСИС, Москва; 2005 (51 экз.)
13. Укше, Е. А.; Твердые электролиты; Наука, Москва; 1977 (4 экз.)
14. Анимица, И. Е.; Материалы для водородной энергетики : учеб. пособие [для вузов].; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2009 (101 экз.)

15. , Анимица, И. Е., Кочетова, Н. А., Нейман, А. Я.; Электрохимические методы исследования свойств материалов. Числа переноса носителей заряда и дифференциация проводимости на составляющие : метод. рук. по спец. курсу "Электрохимические методы исследования свойств материалов".; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2011 (100 экз.)
16. Анимица, И. Е.; Протонный транспорт в сложных оксидах : [учебное пособие для студентов, обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры по направлению подготовки 020100 "Химия", по специальности 020201 "Фундаментальная и прикладная химия"].; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2014 (30 экз.)
17. , Meyers, M. A., Ritchie, R. O., Sarikaya, M.; Nano and microstructural design of advanced materials; Elsevier, Amsterdam [etc.]; 2003 (1 экз.)
18. Кахирас, Е.; Atomic and electronic structure of solids; Cambridge university press, Cambridge; 2003 (1 экз.)
19. Cox, P. A.; Instant Notes Inorganic Chemistry; BIOS Scientific Publishers, London; 2004 (1 экз.)
20. , Soutis, C., Beaumont, P. W. R.; Multi-scale modelling of composite material systems. The art of predictive damage modelling; CRC Press : WP, Cambridge; 2005 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

базы данных, входящие в подписку УрФУ:

<http://elibrary.ru>

<http://e.lanbook.com>

<http://www.sciencedirect.com/>

<http://www.scopus.com/>

<https://materials.springer.com/>

<https://link.springer.com/>

<http://apps.webofknowledge.com/>

периодические издания из числа имеющихся в электронном или бумажном виде:

<https://www.elibrary.ru/contents.asptitleid=7794>

<https://www.elibrary.ru/contents.asptitleid=7802>

<https://www.elibrary.ru/contents.asptitleid=7581>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наноструктурированные композиционные материалы

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Материалы для электрохимических
устройств преобразования энергии

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Калинина Елена Григорьевна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра физической химии
2	Пелегов Дмитрий Вячеславович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Калинина Елена Григорьевна, Доцент, физической и неорганической химии
- Пелегов Дмитрий Вячеславович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Смешанная модель обучения с использованием онлайн-курса УрФУ;
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Сенсоры (датчики). Основные понятия и определения	Классификация и принцип работы основных видов сенсоров (датчиков). Общие характеристики сенсоров. Химические датчики и их характеристики, классификация. Потенциометрические, амперометрические и резистивные сенсоры: теоретические основы, принцип действия. Актуальные проблемы и практическое использование газовых сенсоров в науке и технике.
2	Керамические мембраны	Современные тенденции в производстве энергии. Общие особенности мембранных процессов и типы мембран. Определение и классификация мембран. Возможные варианты применения мембран. Мембранные реакторы. Кислородные мембраны. Различные принципы работы кислородной мембраны: смешанный ионно–электронный проводник, твердоэлектролитная ячейка (кислородный насос). Требования к материалам кислородной мембраны. Композитная двухфазная мембрана. Термодинамические условия конверсии метана в оксидном мембранном конвертере. Теоретический анализ массопереноса в мембранах. Уравнение Вагнера. Катализаторы парциального окисления метана. Проблемы поиска новых смешанных проводников для керамических мембран.

3	Топливные элементы и Электролизеры	<p>Топливные элементы и их преимущества. Классификации топливных элементов. Основные типы и характеристики ТЭ. Схемы работы топливных элементов. Твердооксидные топливные элементы. Понятие о средне- и высокотемпературных топливных элементах. Типы конструкций ТОТЭ. Требования к материалам компонентов ТОТЭ: твердый электролит, электроды, интерконнекторы. Классификация электролитов. Термодинамический анализ работы топливного элемента, ЭДС, максимальный термодинамический КПД. Реальный КПД топливного элемента. Поляризационные и омические потери при работе топливного элемента. Анализ вольт-амперной кривой топливного элемента. Максимальная мощность элемента. Проблемы поиска новых твёрдых электролитов и смешанных проводников для топливных элементов.</p> <p>Электролизная технология производства водорода и способы ее реализации. Типы электролизеров (щелочной, с твердым полимерным электролитом, с твердооксидным электролитом). Проблемы и перспективы развития электролизной технологии производства водорода.</p>
4	Физико-химические процессы получения и свойства функциональных твердофазных неорганических материалов электронной техники. Элементы керамической технологии	<p>Классификация материалов. Материалы с электрическими функциями. Материалы с магнитными функциями. Материалы с оптическими функциями. Диэлектрические керамические материалы в электронной технике. Основной принцип технологии получения керамики. Общая схема изготовления керамического изделия.</p> <p>Технология размола в лабораторных условиях (мельницы планетарного типа; дезинтеграторы; криодиспергирование) и в промышленности (турбомельницы; шаровые мельницы; вибромельницы; струйные мельницы). Методы формования керамики. Горячее литьё под давлением. Метод прессования. Магнитно-импульсный метод прессования. Сухое ультразвуковое квазирезонансное прессование. Технология литья пленок. Применение наноматериалов в керамической технологии.</p>
5	Проводниковые и полупроводниковые материалы. Технологии изготовления плат для высокомошных силовых полупроводниковых устройств	<p>Проводниковые и полупроводниковые материалы электронной техники. Материалы высокой проводимости. Материалы для тонкопленочных резисторов. Собственная проводимость полупроводников. Примесная проводимость полупроводников. Элементарные полупроводники. Получение монокристаллических полупроводниковых германия и кремния. Метод Чохральского. Метод бестигельной зонной плавки. Полупроводниковые химические соединения. Технология DBC (Direct Bonded Copper) – металлизация медью оксидной керамики.</p>
6	Ферромагнитные материалы в электронной технике и автоматике	<p>Общие особенности ферромагнитных материалов. Геометрия доменной структуры. Магнитная анизотропия. Процессы намагничивания и перемагничивания ферромагнетиков. Магнитный гистерезис. Классификация магнитных материалов (магнитомягкие, магнитотвердые). Основные группы магнитотвердых материалов. Кривая размагничивания</p>

		магнитотвердого материала. Изготовление спеченных магнитов на основе редкоземельных соединений.
--	--	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации /полностью на иностранном языке.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материалы для электрохимических устройств преобразования энергии

Электронные ресурсы (издания)

1. Bezrukov, A.; Introduction to Smart Material : tutorial.; Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/100508.html> (Электронное издание)
2. Уваров, Н. Ф.; Химия твердого тела : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575292> (Электронное издание)
3. Артамонова, О. В.; Химия твердого тела : учебное пособие.; Ай Пи Ар Медиа, Москва; 2021; <http://www.iprbookshop.ru/108355.html> (Электронное издание)
4. Мухачева, В. Д.; Химическая кинетика и электрохимия : учебное пособие.; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, Белгород; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/66688.html> (Электронное издание)
5. Ансельм, А. И.; Введение в теорию полупроводников : монография.; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва, Ленинград; 1962; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=479539> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Чеботин, В. Н., Козлова, В. И., Михайлов, А. Я.; Физическая химия твердого тела; Химия, Москва; 1982 (23 экз.)
2. Чеботин, В. Н., Чеботин, В. Н.; Электрохимия твердых электролитов; Химия, Москва; 1978 (5 экз.)
3. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 2. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)
4. Бокштейн, Б. С., Ярославцев, А. Б.; Диффузия атомов и ионов в твердых телах : [монография].; МИСИС, Москва; 2005 (101 экз.)
5. Фистуль, В. И.; Физика и химия твердого тела : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. ; Металлургия, Москва; 1995 (10 экз.)
6. Фистуль, В. И.; Физика и химия твердого тела : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 2. ; Металлургия, Москва; 1995 (10 экз.)
7. , Meyers, M. A., Ritchie, R. O., Sarikaya, M.; Nano and microstructural design of advanced materials; Elsevier, Amsterdam [etc.]; 2003 (1 экз.)

8. Glasstone, S.; An Introduction to Electrochemistry; Van Nostrand Company, New York; 1951 (1 экз.)
9. Анимица, И. Е.; Материалы для водородной энергетики : учеб. пособие [для вузов].; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2009 (101 экз.)
10. Анимица, И. Е.; Протонный транспорт в сложных оксидах : [учебное пособие для студентов, обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры по направлению подготовки 020100 "Химия", по специальности 020201 "Фундаментальная и прикладная химия"].; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2014 (30 экз.)
11. Джексон, Р. Г., Лучинин, В. В.; Новейшие датчики; Техносфера, Москва; 2008 (5 экз.)
12. Каттралл, Роберт В., Р. В., Максименко, О. О., Петрухина, О. М.; Химические сенсоры; Научный мир, Москва; 2000 (1 экз.)
13. Каттралл, Р. В., Роберт В., Максименко, О. О., Петрухина, О. М.; Химические сенсоры; Научный мир, Москва; 2000 (1 экз.)
14. , Vielstich, Vielstich W., Lamm, Lamm A., Gasteiger, Hubert A., H. A.; Fuel Cell Technology and Applications. P. 1; WILEY, Chichester; 2005 (1 экз.)
15. Рамбиди, Н. Г., Березкин, А. В.; Физические и химические основы нанотехнологий; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2009 (6 экз.)
16. Ансельм, А. И.; Введение в теорию полупроводников : Учеб. пособие для вузов.; Наука, Москва; 1978 (16 экз.)
17. Мишин, Д. Д.; Магнитные материалы : Учеб. пособие для физ. и физ. техн. спец. вузов.; Высш. шк., Москва; 1991 (11 экз.)
18. Щуров, А. Ф.; Введение в физику керамики : Химическая связь, кристаллическая и электронная структура: Учеб. пособие.; Изд-во Нижегород. ун-та, Нижний Новгород; 1994 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Онлайн-курс "Batteries, Fuel Cells, and their Role in Modern Society" (<https://www.edx.org/course/batteries-fuel-cells-and-their-role-in-modern-society-0>)

Полнотекстовая база данных научных публикаций ScienceDirect <http://www.sciencedirect.com/>

Реферативная база данных Scopus <http://www.scopus.com/>

Анимица И.Е., Кочетова Н.А., Нейман А.Я. Материалы для водородной энергетики. Учебн. пособие. Екатеринбург. Изд-во Урал. ун-та. 2009. 126 с. (<http://elar.urfu.ru/handle/10995/1468>)

Анимица, И. Е. Протонный транспорт в сложных оксидах: [учеб. пособие] / И. Е. Анимица; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд во Урал. ун-та, 2014. — 216 с. (<http://hdl.handle.net/10995/29019>)

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материалы для электрохимических устройств преобразования энергии

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется