

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры общей физики
«25» июня 2020 г., протокол № 8

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой



/Балапанов М.Х.



_____/Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Суперионные проводники

(наименование дисциплины)

Б1.В.1.04, вариативная

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки

«Физика конденсированного состояния вещества»

(наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

бакалавр

Разработчики (составители) профессор, д.ф.-м.н., профессор (должность, ученая степень, ученое звание)	 /_Балапанов М.Х.
---	---

Для приема: 2020 г.

Уфа 2020 г.

Список документов и материалов (оглавление)

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	3
Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	4
Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - <i>(Приложение №1)</i>	4 (19)
Фонд оценочных средств по дисциплине	5
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	5
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	7
4.3. Рейтинг-план дисциплины (Приложение №2)	23
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	18
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	18
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	18
Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	17

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

При изучении дисциплины «Суперионные проводники» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

ПК-3: готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований.

Для формирования указанных компетенций и освоения образовательной программы обучающийся должен показать следующие результаты обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать: основные экспериментальные факты и теоретические представления о кристаллической структуре и типах химической связи в полупроводниках и диэлектриках, зонной структуре, статистике электронов и дырок в полупроводниках, механизмах рассеяния носителей заряда, основных кинетических явлениях в полупроводниках и влиянии на них примесей и дефектов, о практическом значении и перспективах применения современных полупроводниковых и диэлектрических материалов.	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3); способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)	
	2. Знать методы измерений основных параметров полупроводников	готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3)	
Умения	1. Уметь: пользоваться основными законами общей и теоретической физики для анализа физических характеристик полупроводников, предсказывать поведение полупроводников при изменении тех или иных физических и химических факторов	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3); способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)	
	2. Уметь применять знания теории полупроводников и методов физических исследований при выполнении лабораторных работ, анализе и интерпретации их результатов.	готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3)	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть экспериментальными методами определения положения уровня Ферми в полупроводниках	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3)	
	2. Владеть навыками использования классической и квантовой статистики для объяснения кинетических свойств полупроводников	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)	
	3. Владеть навыками корректного выполнения измерений основных параметров полупроводников и диэлектриков	готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3)	

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Суперионные проводники» относится к *вариативной* части рабочего учебного плана и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

Цель и задачи дисциплины – дать студентам основные представления о физике суперионных проводников, включая классификацию, диффузионные и электрические свойства, особенности кристаллического строения, ознакомить с основными современными экспериментальными результатами и практическими применениями суперионных материалов, перспективами дальнейшего развития данной области знаний.

Дисциплина «Суперионные проводники» начинает ознакомление с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области физики кристаллических материалов. Для освоения данной дисциплины студенту, кроме знания разделов общей и теоретической физики необходимы знание кристаллографии, умение решать простейшие дифференциальные уравнения, начальные сведения по теории вероятностей и статистике. Знания и умения, полученные при освоении дисциплины будут востребованы в дальнейшем при выполнении научно-исследовательской и производственной практики, выполнении выпускной квалификационной работы, а также при осуществлении дальнейшей профессиональной деятельности.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (знания)	1. Знать: основные экспериментальные факты и теоретические представления о кристаллической структуре и типах химической связи в суперионных проводниках, их дефектной структуре, механизмах диффузии, основных кинетических явлениях в суперионных проводниках и влиянии на них примесей и дефектов, о практическом значении и перспективах применения современных суперионных материалов.	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (умения)	1. Уметь: пользоваться основными законами общей и теоретической физики для анализа физических характеристик суперионных проводников	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (навыки)	1. Владеть экспериментальными методами исследований суперионных проводников.	Практически и не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Неудовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (знания)	1. Знать: основные экспериментальные факты и теоретические представления о кристаллической структуре и типах химической связи в суперионных проводниках, их дефектной структуре, механизмах диффузии, основных кинетических явлениях в суперионных проводниках и влиянии на них примесей и дефектов, о практическом значении и перспективах применения	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё

	современных суперионных материалов.				
Второй этап (умения)	1. уметь оценивать время синтеза и гомогенизации суперионного материала, исходя из коэффициента диффузии	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (владение навыками)	1. Владеть навыками измерений коэффициента диффузии в суперионных материалах	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

ПК-3: готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований.

Этап (уровень освоения компетенции)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (знания)	1. Знать методы измерений основных кинетических параметров суперионных проводников	Показывает незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (умения)	1. Уметь применять знания теории суперионных проводников и методов физических исследований при выполнении исследовательских работ, анализе и интерпретации их результатов.	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (навыки)	1. Владеть навыками корректного выполнения измерений основных кинетических параметров суперионных проводников	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать: основные экспериментальные факты и теоретические представления о кристаллической структуре и типах химической связи в суперионных проводниках, их дефектной структуре, механизмах диффузии, основных кинетических явлениях в суперионных проводниках и влиянии на них примесей и дефектов, о практическом значении и перспективах применения современных суперионных материалов.	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3); способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)	Письменная работа Реферат Устный опрос
	Знать методы измерений основных кинетических параметров суперионных проводников	готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3)	Лабораторная работа Письменная работа
2-й этап Умения	Уметь: пользоваться основными законами общей и теоретической физики для анализа физических характеристик суперионных проводников	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);	Лабораторная работа, письменная работа Реферат
	Уметь: пользоваться основными законами общей и теоретической физики для анализа физических характеристик суперионных проводников	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)	Письменная работа Реферат
	Уметь применять знания теории суперионных проводников и методов физических исследований при выполнении исследовательских работ, анализе и интерпретации их результатов.	готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3)	Лабораторная работа
3-й этап Владеть навыками	1. Владеть экспериментальными методами исследований суперионных проводников.	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3)	Лабораторная работа, письменная работа
	2. Владеть навыками измерений коэффициента диффузии в суперионных материалах	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)	Лабораторная работа, письменная работа
	3. Владеть навыками корректного выполнения измерений основных кинетических параметров суперионных проводников	готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3)	Лабораторная работа

4.3. Система контроля и оценивания успеваемости студента.

Для контроля освоения компетенций при изучении дисциплины применяется балльно-рейтинговая система. Рейтинг-план дисциплины приведен в приложении №2.

Ниже описаны предусмотренные рейтингом-планом оценочные средства, виды и процедуры контроля.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене.

За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за индивидуальные достижения. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом на экзамене, составляет 30 баллов.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Критерии оценивания ответа на экзамене:

Максимальная оценка – 30 баллов складывается из оценки за ответ на теоретические вопросы билета (два вопроса оцениваются максимально по 10 баллов каждый), и оценок за ответы на дополнительные вопросы (два вопроса, оцениваемых каждый в 5 баллов максимально).

За ответы на вопросы билета выставляется

- **18-20 баллов**, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание формул, терминологии, понимание физической сути явлений и экспериментов, умение последовательно и логично отвечать на вопросы билета в объеме рекомендованной литературы.

Студент без затруднений ответил на уточняющие вопросы преподавателя по материалам билета.

- **15-17 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл без серьезных ошибок оба теоретических вопроса, однако показал пробелы в знаниях 20-25 % объема билета. Не на все уточняющие вопросы были даны корректные ответы.

- **12-14 баллов** выставляется студенту, если даны ответы на оба теоретических вопроса в объеме 35-50 % от полного ответа. Студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий, законов и формул, описании основных экспериментов. Студент не дает удовлетворительных ответов на уточняющие вопросы по билету.

- **8-11 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий, законов и экспериментов, или полностью отсутствует ответ на один вопрос и допущены серьезные ошибки и пробелы при ответе на второй вопрос. На уточняющие вопросы по билету не получены ответы или ответы на них в корне ошибочны.

- **4-7 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий, законов и

экспериментов, или полностью отсутствует ответ на один вопрос и допущены серьезные ошибки и пробелы при ответе на второй вопрос. На уточняющие вопросы по билету не получены ответы или ответы на них в корне ошибочны.

- **0-3 балла** выставляется студенту, если ответы на вопросы билеты отсутствуют, или полностью отсутствует ответ на один вопрос и допущены грубые ошибки при ответе на второй вопрос, или ответы на оба вопроса содержат много существенных ошибок. Ответы на уточняющие вопросы по билету не получены или свидетельствуют о полном непонимании темы.

Примерные вопросы для текущего и рубежного контроля

Введение. Суперионные проводники.

Основные типы разупорядоченности в кристаллических суперионных проводниках.

Ионная связь в твердых телах.

Дефекты в ионных кристаллах.

Твердые электролиты с собственной разупорядоченностью. Твердые электролиты с примесной разупорядоченностью. Твердые электролиты со структурной разупорядоченностью.

Аморфные твердые электролиты.

Отклонения от стехиометрического состава и характер электропроводности ионных соединений

Роль дефектов в протекании диффузии в кристаллах. Вакансии по Шоттки. Дефектообразование по Френкелю. Конфигурационная энтропия. Равновесные концентрации дефектов в кристаллах. Основные механизмы диффузии в кристаллах.

Теория диффузии Френкеля. Тепловое движение атомов и диффузия. Вероятность скачков атомов. Время «оседлости» атомов. Средняя тепловая скорость движения вакансии. Идеальный газ вакансий в кристалле. Коэффициент диффузии вакансий

Первый закон Фика. Второй закон Фика.

Диффузия от постоянного источника. Функция ошибок. Нахождение коэффициента диффузии из экспериментальной зависимости относительной концентрации от глубины диффузии.

Диффузия от непостоянного источника. Вид решения уравнения второго закона Фика. Нахождение коэффициента диффузии из экспериментальной зависимости $\ln C(x^2)$.

Феноменологические уравнения.

Подвижность дефектов и ионная проводимость.

Самодиффузия.

Химическая диффузия.

Термоэлектрический эффект.

Факторы, влияющие на транспортные свойства СИП.

Размеры ионов.

Заряд ионов.

Границы зерен. Наноразмерные эффекты.

Применение электрохимических ячеек с суперионными проводниками.

Литий-ионные аккумуляторы.

Суперконденсаторы.

Топливные элементы.

Датчики кислорода.

Фотохромные стекла.

За ответ на дополнительный вопрос на экзамене выставляется:

- 5 баллов, если студент дал исчерпывающе полный и правильный ответ;
- 4 балла, если в целом верный ответ содержит незначительные ошибки;
- 3 балла, если дан не в полном объеме или содержит существенную ошибку;
- 2 балла, если дан фрагментарный или расплывчатый ответ или в ответе есть принципиальная ошибка;
- 1 балл, если ответ по существу ошибочен, но студент показал знание основных понятий и терминов по дисциплине, имеющих отношение к вопросу.
- 0 баллов, если студент не ответил или ответил в корне неверно.

Дополнительные вопросы задаются студенту после ответа на вопросы билета.

Примеры дополнительных вопросов на экзамене

1. Как появляются подвижные ионы в кристаллах?
2. Какова связь проводимости и подвижности носителей заряда?
3. Дайте определение коэффициента диффузии.
4. Какова физическая природа ионного термоэлектрического эффекта ?
5. Какой основной тип химической связи характерен для суперионных проводников?
6. Что представляют собой аморфные суперионные проводники?
7. В чем суть первого закона Фика?
8. Что является движущей силой диффузии?
9. В чем заключается явление химической диффузии?
10. В чем заключается соотношение Нернста – Эйнштейна?
11. В чем смысл энергии активации диффузии?
12. От чего зависит концентрация вакансий в кристаллах?
13. Как влияет размер ионов на скорость их диффузии в кристаллах?
14. Как влияет заряд ионов на скорость их диффузии в кристаллах?
15. Что называется собственной разупорядоченностью кристалла?
16. Что называется примесной разупорядоченностью?
17. Что называется структурной разупорядоченностью?
18. Как зависит ионная проводимость от степени разупорядочения кристаллической решетки?

Пример экзаменационного билета:

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
Физико-технический институт

Кафедра общей физики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1
по дисциплине «Суперионные проводники»
Направление 03.04.02 «ФИЗИКА»
Программа «Физика конденсированного состояния вещества»

1. Механизмы диффузии в кристаллах
2. Практическое применение суперионных проводников.

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой



(подпись)

Балапанов М.Х.

(Ф.И.О.)

Лабораторные работы

Тематика лабораторных работ

1. Лабораторная работа № 1 «Определение энергии активации носителей тока из температурной зависимости электронной проводимости сульфида меди Cu_2S »;
2. Лабораторная работа № 2 «Применение метода кулонометрического титрования для исследования концентрационной зависимости коэффициента электронной термо-э.д.с. в смешанных электронно-ионных проводниках $\text{Cu}_2-\delta\text{S}$ »;
3. Лабораторная работа № 3 «Измерение температурной зависимости ионной проводимости смешанного электронно-ионного проводника Ag_2S »
4. Лабораторная работа № 4 «Измерение коэффициента химической диффузии смешанного электронно-ионного проводника Ag_2S »

Порядок выполнения лабораторных работ

Студент выполняет за отведенное время по учебному плану 4 лабораторных работы. На выполнение одной лабораторной работы студент должен потратить не менее 4 часов и не более 6 часов аудиторной работы. Под выполнением лабораторной работы понимается: получение допуска к измерениям (наличие конспекта, понимание цели и заданий к работе, знание устройства и принципа работы лабораторной установки, порядка выполнения измерений и расчетов); выполнение измерений; обработка результатов измерений и выполнение письменного отчета; защита лабораторной работы (интерпретация результатов измерений с учетом погрешностей, ответы на контрольные вопросы к работе).

Критерии оценивания выполнения лабораторных работ.

Получение допуска к измерениям (наличие конспекта, понимание цели и заданий к работе, знание устройства и принципа работы лабораторной установки, знания порядка выполнения измерений и расчетов). Студент получает допуск (и **2 балла**) при выполнении всех требований.

Выполнение измерений (корректность измерений и минимизация погрешностей, наличие таблицы результатов, предварительная оценка результата). Студент получает **0-2 балла** в зависимости от полноты выполнения требований.

Защита отчета оценивается в **0-3 балла** (обработка результатов измерений и составление письменного отчета – 1 балл; объяснение результатов измерений на базе теоретических представлений с учетом погрешностей измерений -1 балл, ответы на контрольные вопросы к работе- 1 балл).

Текущий контроль

В качестве средства текущего контроля применяется проверка конспектов (заданий по самостоятельной работе).

Также оценочными средствами текущего контроля являются получение допуска к лабораторным работам и проверка выполнения измерений, производимые на каждом лабораторном занятии. Критерии оценивания представлены выше, в разделе «Лабораторные работы».

Критерии оценивания конспектов.

Проверка конспектов по самостоятельной работе с литературой проводится 8 раз за семестр. Студент получает **1 балл** при проверке, если им выполнена краткая запись содержания заданной для проработки литературы по данной теме дисциплины.

Рубежный контроль

Подготовка и защита реферата

Подготовка и защита реферата применяется как средство рубежного контроля по освоению модуля «Диэлектрики» изучаемой дисциплины. Требования к реферату – объем до 20 страниц формата А4, шрифт 12-14 пт, полтора интервала. Структура реферата – оглавление, введение, основной текст реферата (краткая история исследований, современное состояние проблемы, техническая реализация устройства, практическое применение, перспективы), заключение, список литературы. Студенты сами выбирают тему реферата из предложенного списка.

Критерии оценивания реферата:

- Максимальная оценка в 10 баллов включает:
- Выдержана рекомендуемая структура и объем реферата – 1 балл;
- Использована современная литература по теме, включая монографии и научные статьи – 2 балла;
- Выступление с презентацией и ответы на вопросы – 4 балла;
- Оформление работы (наличие иллюстраций, формул, корректность цитирования) – 1 балл;
- Наличие анализа современного состояния проблемы и оценки перспектив дальнейших исследований – 2 балл.

Темы рефератов.

1. Метод радиоактивных изотопов исследования диффузии
2. Особенности кристаллической структуры суперионных проводников.
3. Твердые электролиты с собственной разупорядоченностью
4. Двойной электрический слой в суперионных проводниках
5. Явление поляризации в ячейках с твердыми электролитами
6. Механизмы диффузии в твердых телах
7. Фотохромные стекла.
8. Особенности кристаллической структуры суперионных проводников.
9. Ионная проводимость стекол
10. Ионисторы
11. Суперионные проводники как активные электроды химических источников тока (литийионных аккумуляторов)
12. Суперионные проводники как активные электроды химических источников тока (литий-полимерных аккумуляторов)
13. Суперионные проводники в электрохимических датчиках концентрации (кислородные датчики)
14. Кислородные суперионные проводники в лямбда-зондах автомобилей
15. Хемотроника
16. Суперионные проводники в топливных элементах
17. Водородные суперионные проводники
18. Кислородные суперионные проводники
19. Литий-ионные батареи
20. Водородные топливные элементы

21. Плазмонный резонанс смешанных электронно-ионных проводниках

Письменная работа.

Письменная работа применяется как средство рубежного контроля по освоению второго модуля изучаемой дисциплины и состоит из 5 заданий, требующих ответа на теоретический вопрос или решения задачи. Письменная работа рассчитана на 45 минут. Каждое задание оценивается в 4 балла.

Примеры заданий письменной работы

Вариант №1

1. Назовите основные промышленно важные суперионные материалы.
2. Какие механизмы диффузии типичны для кристаллических СИП?
3. От наличия каких дефектов кристаллической структуры зависит подвижность ионов в СИП?
4. Как зависит от температуры коэффициент диффузии?
5. Напишите уравнение первого закона Фика.

Вариант №2

1. Какой тип химической связи характерен для суперионных проводников?
2. Приведите примеры практического использования СИП.
3. Опишите классификацию СИП.
4. Напишите соотношение Нернста-Эйнштейна.
5. Опишите применение метода «меченых атомов» для измерения коэффициента самодиффузии

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. [Аникина, В. И.](#) Основы кристаллографии и дефекты кристаллического строения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Аникина, А. С. Сапарова ; Сибирский федер. ун-т .— Красноярск : Сибирский федер. ун-т, 2011 .— 146 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему «Университетская библиотека online» .— <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229366&sr=1>>.
2. [Свиридов, В. В.](#) Физическая химия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. В. Свиридов, А. В. Свиридов .— Санкт-Петербург : Лань, 2016 .— 600 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань" .— ISBN 978-5-8114-2262-3 .— <URL:<https://e.lanbook.com/book/87726>>.
3. Электрохимия и химическая кинетика [Электронный ресурс] / Г.В. Булидорова .— Казань : Издательство КНИТУ, 2014 .— 371 с. — ISBN 978-5-7882-1658-4 .— <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427844>>.

Дополнительная литература:

4. Карамов Ф.А.. Суперионные проводники : гетероструктуры и элементы функциональной электроники на их основе / Ф. А. Карамов ; Казанский гос. тех. ун-т им. А. Н. Туполева .— Москва : Наука, 2002 .— 237 с. [В библиот. БашГУ 5 экз.]
5. Мерер, Хельмут. Диффузия в твердых телах : пер. с англ. / Х. Мерер .— Долгопрудный : Интеллект, 2011 .— 536 с. — [4 экз].
6. [Чеботин, Василий Николаевич.](#) Физическая химия твердого тела / В. Н. Чеботин .— М. : Химия, 1982 .— 320 с. [4 экз].
7. [Укше, Евгений Александрович.](#) Твердые электролиты / Е. А. Укше, Н. Г. Букун ; АН СССР, Инс-т новых химических проблем .— М. : Наука, 1977 .— 176 с. [В библиот. БашГУ 6 экз.]

Литература для рефератов:

- [Плит, Вальдфрид.](#) Электрохимия в материаловедении = Electrochemistry for Materials Science : учебник / В. Плит ; пер. с англ. О. Д. Чаркина, Л. А. Фишгойт, А. А. Митрофанова .— Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 .— 446 с. : [2 экз. в библиот. БашГУ]
- [Уваров, Николай Фаветович.](#) Композиционные твердые электролиты / Н. Ф. Уваров .— Новосибирск : СО РАН, 2008 .— 258 с. [1 экз. в библиот. БашГУ]
- [Березин, Владимир Михайлович.](#) Суперионные полупроводниковые халькогениды / В. М. Березин, Г.П. Вяткин ; Министерство образования РФ. ; Южно-уральский государственный университет. — Челябинск : ЮУрГУ, 2001 .— 135 с. : [2 экз. в библиот. БашГУ]

- [Чеботин, Василий Николаевич](#). Химическая диффузия в твердых телах / В. Н. Чеботин ; Академия наук СССР, Уральское отделение, Институт электрохимии; отв. ред. И. В. Мурыгин, М. В. Перфильев .— М. : Наука, 1989 .— 207 с. [2 экз. в библиот. БашГУ]
- [Чеботин, Василий Николаевич](#). Электрохимия твердых электролитов / В. Н. Чеботин, М. В. Перфильев ; под ред. В. Н. Чеботина .— М. : Химия, 1978 .— 312 с. [1 экз. в библиот. БашГУ]
- [Гуревич, Юрий Яковлевич](#). Твердые электролиты / АН СССР; Отв. ред. А. П. Леванюк .— М. : Наука, 1986 .— 171 с. [1 экз. в библиот. БашГУ]
- [Вечер, Алим Александрович](#). Твердые электролиты / А. А. Вечер, Д. В. Вечер .— Минск : Изд-во университетское, 1988 .— 106 с. [1 экз. в библиот. БашГУ]
- Д. В. Хладик. Физика электролитов. Т.1. Процессы переноса в твердых электролитах и электродах. М.: Мир, 1978. – 555 с.
- Иванов-Шиц А.К., Мурин И.В. Ионика твердого тела: в 2 т., Т.1.// С-Пб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та.– 2000.– 616 с.; Т.2.// С-Пб.: Изд-во С. Петерб. ун-та.– 2010.– 1000 с.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. — Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://elib.bashedu.ru/>

2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://biblioclub.ru/>

3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://e.lanbook.com/>

4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: № 318 (физмат корпус)	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран Программное обеспечение: 1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.
учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа: № 315 (физмат корпус)	лабораторные занятия	Установка для изучения температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников ФПК-07 Лаб. стенд «Изучение удельного электрического сопротивления твердых диэлектриков» МВ003. Инв.000002101046616 Лабораторный стенд «Изучение диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь в твердых диэлектриках» МВ-004. инв. 000002101046617 Автоматическая лабораторная установка для исследования проводников инв. 000002101046476 Генератор низкочастотных сигналов ГЗ-118 Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-122 Измеритель добротности высокочастотный Е4-11 Измеритель RLC Е7-22 инв. 000002101046620 Измеритель RLC Е7-22 инв. 000002101046618 Измеритель RLC Е7-22 инв. 000002101046619 Осциллограф INSTEK GOS-620 Осциллограф INSTEK GFG-8215A Осциллограф INSTEK GFG-8219A Мультиметр Ц4311 Мультиметр MASTECH MAS 830B Селективный нановольтметр Type237 Оптическая скамья Монохроматор универсальный Осветитель оптический Сахариметр СУ-4 Блок питания ТЕС88, 30 В, 2А Реостат РПШ 0,6; 500 Ом Реостат РПШ 0,2; 5000 Ом Набор резисторов Набор транзисторов Набор полупроводниковых диодов

		<p>Паяльник электрический 30 Вт Экран на штативе Medium инв. 000001101044730 Интерактивная доска Hitachi FX-63WD инв.000002101046909 Персональный компьютер Моноблок ThinkCentre Принтер HP LaserJet 1018 Учебная мебель Программное обеспечение: 1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.</p>
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	<p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p>
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	<p>Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.</p>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
 ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Суперионные проводники» на 5 семестр
 (наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	37.2
лекций	18
практических/ семинарских	-
лабораторных	18
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	36
Учебных часов на подготовку к экзамену (Контроль)	34.8

Форма контроля:

экзамен 5 семестр

№ п.п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера списка)	Задания по самостоятельной работе студентов (СРС)	Форма контроля успеваемости
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Модуль 1. Дефекты и диффузия в кристаллах								
1	<p>Введение. Суперионные проводники.</p> <p>Основные типы разупорядоченности в кристаллических суперионных проводниках.</p> <p>Ионная связь в твердых телах.</p> <p>Дефекты в ионных кристаллах.</p> <p>Твердые электролиты с собственной разупорядоченностью. Твердые электролиты с примесной разупорядоченностью. Твердые электролиты со структурной разупорядоченностью.</p> <p>Аморфные твердые электролиты.</p> <p>Отклонения от стехиометрического состава и характер электропроводности ионных соединений</p>	2		4	6	1, 2, 3	1, 2, 3	Проверка конспектов Лабораторная работа Письменная работа
2	<p>Роль дефектов в протекании диффузии в кристаллах. Вакансии по Шоттки. Дефектообразование по Френкелю. Конфигурационная энтропия. Равновесные концентрации дефектов в кристаллах. Основные механизмы диффузии в кристаллах.</p> <p>Теория диффузии Френкеля. Тепловое движение атомов и диффузия. Вероятность скачков атомов. Время</p>	6		4	6	1, 2, 3	1, 2, 3	Проверка конспектов Лабораторная работа Письменная работа

	«оседлости» атомов. Средняя тепловая скорость движения вакансий. Идеальный газ вакансий в кристалле. Коэффициент диффузии вакансий							
3	Первый закон Фика. Второй закон Фика. Диффузия от постоянного источника. Функция ошибок. Нахождение коэффициента диффузии из экспериментальной зависимости относительной концентрации от глубины диффузии. Диффузия от непостоянного источника. Вид решения уравнения второго закона Фика. Нахождение коэффициента диффузии из экспериментальной зависимости $\ln C(x^2)$.	2		2	6	1, 2, 3	1, 2, 3	Письменная работа Проверка конспектов Лабораторная работа
Модуль 2. Кинетические явления в суперионных проводниках.								
4	Феноменологические уравнения. Подвижность дефектов и ионная проводимость. Самодиффузия. Химическая диффузия. Термоэлектрический эффект.	4		8	6	1, 2, 3	1, 2, 3	Проверка конспектов Лабораторная работа Письменная работа
5	Факторы, влияющие на транспортные свойства СИП. Размеры ионов. Заряд ионов. Границы зерен. Наноразмерные эффекты.	2			6	1, 2, 3	1, 2, 3	Выборочный опрос Реферат Письменная работа
6	Применение электрохимических ячеек с суперионными проводниками. Литий-ионные аккумуляторы. Топливные элементы. Суперконденсаторы. Датчики кислорода. Фотохромные стекла.	2			6	1, 2, 3	1, 2, 3	Проверка конспектов Письменная работа Реферат
	Всего часов:	18	-	18	36			
	ФКР:	1.2 часов						
	Контроль:	34.8 часов						
	ИТОГО :	108 часов						

Рейтинг – план дисциплины

«Суперионные проводники»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление 03.03.02 «Физика»,

профиль «Физика конденсированного состояния вещества»

курс 3, семестр 5

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Миним.	Максим.
Модуль 1. Кристаллическая структура и дефекты СИП				28
Текущий контроль			0	18
1. Проверка конспектов	1	4	0	4
2. Допуск к лаб. раб.	2	2	0	4
3. Выполнение лаб. работ	2	2	0	4
4. Защита отчетов по лабораторным работам	3	2	0	6
Рубежный контроль			0	10
Защита реферата	10	1	0	10
Модуль 2. Кинетические явления в СИП				42
Текущий контроль			0	22
1. Проверка конспектов	1	4	0	4
2. Допуск к лаб. раб.	2	2	0	4
3. Выполнение лаб. работ	2	2	0	4
4. Защита отчетов по лабораторным работам	3	2	0	6
5. Устный опрос	2	2	0	4
Рубежный контроль			0	20
1. Письменная работа	4	5	0	20
Итоговый контроль			0	30
1. Экзамен	10	1 вопрос	0	30
	10	2 вопрос	0	
	5 бх2=10б	Доп. вопросы	0	
Поощрительные баллы				
1. Участие на научных конференциях с докладом по физике суперионных проводников			0	5
2. Выполнение индивидуальных заданий			0	5