

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 01.10.2024 10:53:36
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Утверждаю:

Руководитель ООП

А.В. Солнышкин

«21» мая 2024 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)
Специализированный физический практикум по диэлектрическим материалам

Направление подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

2 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Кислова И.Л.

Кислова

Тверь, 2024

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Целью дисциплины является углубления навыков экспериментальной работы и освоения новых методик исследования физических свойств конденсированных сред.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов способности использовать теоретические знания для проведения физического эксперимента и анализа его результатов;
- изучение эффектов, связанных с особенностями поведения электрофизических, теплофизических и других свойств материалов;
- формирование навыков самостоятельной постановки задач научных исследований в области физики конденсированного состояния вещества;
- подготовка студентов к изучению специальных обзоров и оригинальных работ по отдельным вопросам данной области знания.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Специализированный физический практикум по диэлектрическим материалам» относится к Блоку 1. Дисциплины обязательной части учебного плана.

Содержательно она способствует углублению и расширению знаний о физических свойствах и структуре конденсированных сред. Учебная дисциплина непосредственно связана с дисциплинами «Физика сегнетоэлектрических явлений», «Динамика решетки и сегнетоэлектрические явления», «Нелинейные диэлектрики», «Физика конденсированных сред».

Уровень начальной подготовки для успешного освоения дисциплины «Специализированный физический практикум по диэлектрическим материалам»: обучающийся должен иметь представление о молекулярно-кинетической теории вещества, использующей статистические законы, и о термодинамике, изучающей макроскопических свойств тел и явлений природы; знать основные законы механики, молекулярной физики, электродинамики и оптики, а также владеть

математическим аппаратом векторной алгебры, математического анализа, теории групп и тензорного исчисления.

3. Объем дисциплины: 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе:

контактная аудиторная работа: лабораторные работы 26 часов;

самостоятельная работа: 82 часа.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<i>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине</i>
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними. УК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению.
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач.	ОПК-1.1. Анализирует поставленную научно-исследовательскую задачу, формулирует конечную цель и составляет развернутый план ее решения используя фундаментальные знания физики. ОПК-1.2. Выбирает оптимальные и актуальные методы исследования для решения поставленных научно-исследовательских задач. ОПК-1.3. Планирует экспериментальную часть научно-исследовательской работы с учетом имеющейся базы измерительных приборов и устройств.
ОПК-2. Способен в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики;	ОПК-2.1. Планирует проведение научно-исследовательской работы по заданной теме. ОПК-2.2. Определяет порядок проведения научно-исследовательской работы по предложенной теме. ОПК-2.3. Организует коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в рамках предложенного исследования.

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Зачет в 3 семестре.

6. Язык преподавания: русский.

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

1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лабораторные работы		
		всего	в т.ч. ПП	
Раздел 1. Изучение фазовых переходов 1.1. Фазовые переходы 2 рода в сегнетоэлектриках. 1.2. Фазовые переходы 1 рода в сегнетоэлектриках. 1.3. Влияние электрического поля и механических напряжений на фазовые переходы в сегнетоэлектриках.	15	2		13
Раздел 2. Процессы переключения и диэлектрический гистерезис. 2.1 Осциллографический метод наблюдения диэлектрического гистерезиса. 2.2. Нелинейные свойства сегнетоэлектриков. 2.3. Диэлектрическая вязкость и ее роль в процессах переключения сегнетоэлектриков.	15	2		13
Раздел 3. Процессы переполяризации в сегнетоэлектриках и доменная структура. 3.1. Импульсная переполяризация сегнетоэлектриков (методика Мерца). 3.2. Эффект Баркгаузена в сегнетоэлектриках. 3.3. Изучение доменной структуры сегнетоэлектриков поляризационно-оптическим методом.	15	2		13
Раздел 4. Электромеханические свойства нелинейных диэлектриков 4.1. Метод резонанса-антирезонанса как динамический метод исследования пьезоэлектрических свойств. 4.2. Пьезоэлектрические свойства керамик на основе твердых растворов цирконата титаната свинца. 4.3. Пьезоэлектрический эффект в сегнетоэлектриках. 4.4. Статический метод определения пьезоэлектрических коэффициентов. 4.5. Вклад пьезоэлектрического отклика в диэлектрические спектры пьезоэлектриков.	15	2		13
Раздел 5. Пироэлектрический эффект в сегнетоэлектрических материалах	15	2		13

<p>5.1. Статический метод определения пироэлектрического коэффициента.</p> <p>5.2. Квазистатический метод изучения пироэлектрических свойств.</p> <p>5.3. Динамический метод исследования пироэлектрического эффекта.</p> <p>5.4. Пространственное распределение поляризации в сегнетоэлектрических материалах и вид частотных зависимостей пироэлектрического тока.</p> <p>5.5. Восстановление распределения поляризации по частотным зависимостям пироэлектрического отклика (LIMM-метод).</p>				
<p>Раздел 6. Тепловые, релаксационные и оптические свойства сегнетоэлектриков</p> <p>6.1. Определение коэффициента тепловой диффузии кристаллов ТГС импульсным методом, модифицированным включением пироэлектрического детектора.</p> <p>6.2. Релаксационное затухание собственных колебаний сегнетоэлектрических брусков при фазовом переходе.</p> <p>6.3. Электрооптические свойства сегнетоэлектриков (на примере кристалла LiNbO_3)</p>	20	3		17
ИТОГО	108	26		82

III. Образовательные технологии

Учебная программа-наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
<p>Раздел 1. Изучение фазовых переходов</p> <p>1.1. Фазовые переходы 2 рода в сегнетоэлектриках.</p> <p>1.2. Фазовые переходы 1 рода в сегнетоэлектриках.</p> <p>1.3. Влияние электрического поля и механических напряжений на фазовые переходы в сегнетоэлектриках.</p>	<i>Лабораторные работы</i>	<p><i>Активное слушание</i></p> <p><i>Решение индивидуальных задач</i></p> <p><i>Самостоятельное изучение теоретического материала</i></p>
<p>Раздел 2. Процессы переключения и диэлектрический гистерезис.</p> <p>2.1 Осциллографический метод наблюдения диэлектрического гистерезиса.</p> <p>2.2. Нелинейные свойства сегнетоэлектриков.</p> <p>2.3. Диэлектрическая вязкость и ее роль в</p>	<i>Лабораторные работы</i>	<p><i>Активное слушание</i></p> <p><i>Решение индивидуальных задач</i></p> <p><i>Самостоятельное изучение теоретического материала</i></p>

процессах переключения сегнетоэлектриков.		
<p>Раздел 3. Процессы переполяризации в сегнетоэлектриках и доменная структура.</p> <p>3.1. Импульсная переполяризация сегнетоэлектриков (методика Мерца).</p> <p>3.2. Эффект Баркгаузена в сегнетоэлектриках.</p> <p>3.3. Изучение доменной структуры сегнетоэлектриков поляризационно-оптическим методом.</p>	<i>Лабораторные работы</i>	<p><i>Активное слушание</i></p> <p><i>Решение индивидуальных задач</i></p> <p><i>Самостоятельное изучение теоретического материала</i></p>
<p>Раздел 4. Электромеханические свойства нелинейных диэлектриков</p> <p>4.1. Метод резонанса-антирезонанса как динамический метод исследования пьезоэлектрических свойств.</p> <p>4.2. Пьезоэлектрические свойства керамик на основе твердых растворов цирконата титаната свинца.</p> <p>4.3. Пьезоэлектрический эффект в сегнетоэлектриках.</p> <p>4.4. Статический метод определения пьезоэлектрических коэффициентов.</p> <p>4.5. Вклад пьезоэлектрического отклика в диэлектрические спектры пьезоэлектриков.</p>	<i>Лабораторные работы</i>	<p><i>Активное слушание</i></p> <p><i>Решение индивидуальных задач</i></p> <p><i>Самостоятельное изучение теоретического материала</i></p>
<p>Раздел 5. Пироэлектрический эффект в сегнетоэлектрических материалах</p> <p>5.1. Статический метод определения пироэлектрического коэффициента.</p> <p>5.2. Квазистатический метод изучения пироэлектрических свойств.</p> <p>5.3. Динамический метод</p>	<i>Лабораторные работы</i>	<p><i>Активное слушание</i></p> <p><i>Решение индивидуальных задач</i></p> <p><i>Самостоятельное изучение теоретического материала</i></p>

<p>исследования пирозлектрического эффекта. 5.4. Пространственное распределение поляризации в сегнетоэлектрических материалах и вид частотных зависимостей пирозлектрического тока. 5.5. Восстановление распределения поляризации по частотным зависимостям пирозлектрического отклика (LIMM-метод).</p>		
<p>Раздел 6. Тепловые, релаксационные и оптические свойства сегнетоэлектриков 6.1. Определение коэффициента тепловой диффузии кристаллов ТГС импульсным методом, модифицированным включением пирозлектрического детектора. 6.2. Релаксационное затухание собственных колебаний сегнетоэлектрических брусков при фазовом переходе. 6.3. Электрооптические свойства сегнетоэлектриков (на примере кристалла LiNbO_3)</p>	<p><i>Лабораторные работы</i></p>	<p><i>Активное слушание</i> <i>Решение индивидуальных задач</i> <i>Самостоятельное изучение теоретического материала</i></p>

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Специализированный физический практикум по диэлектрическим материалам» могут сдать зачет по итогам семестровой аттестации согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.).

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий:

УК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.

УК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению.

Форма аттестации:

Продемонстрировать умение исследовать свойства сегнетоэлектриков в области фазового перехода.

Пример. Рассмотреть изменение поляризации и диэлектрической проницаемости в районе фазового перехода 2-ого рода.

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

1 уровень – указаны законы изменения поляризации и диэлектрической проницаемости.

2 уровень – рассмотрено изменение поляризации и диэлектрической проницаемости в районе фазового перехода на основе термодинамики и описан метод исследования .

ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач.

ОПК-1.1. Анализирует поставленную научно-исследовательскую задачу, формулирует конечную цель и составляет развернутый план ее решения используя фундаментальные знания физики.

ОПК-1.2. Выбирает оптимальные и актуальные методы исследования для решения поставленных научно-исследовательских задач.

ОПК-1.3. Планирует экспериментальную часть научно-исследовательской работы с учетом имеющейся базы измерительных приборов и устройств.

Форма аттестации:

1. Продемонстрировать навыки владения методами изучения процессов переключения

Пример. Описать осциллографический метод наблюдения диэлектрического гистерезиса.

Способ аттестации: устный

Критерии оценки:

1 уровень – указана суть метода.

2 уровень – рассмотрена схема Сойлера-Тауэра для наблюдения петель диэлектрического гистерезиса.

3 уровень – полностью описан осциллографический метод наблюдения диэлектрического гистерезиса и представлены соответствующие расчетные соотношения.

2. Продемонстрировать знания по процессам переключения в сегнетоэлектриках.

Пример. Рассмотреть диэлектрическую вязкость и ее роль в процессах переключения.

Способ аттестации: устный

Критерии оценки:

1 уровень – дано определение диэлектрической вязкости.

2 уровень – рассмотрено изменение поляризации при варьировании напряженности приложенного поля.

3 уровень – полностью рассмотрена диэлектрическая вязкость и ее роль в процессах переключения.

ОПК-2. Способен в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики;

ОПК-2.1. Планирует проведение научно-исследовательской работы по заданной теме.

ОПК-2.2. Определяет порядок проведения научно-исследовательской работы по предложенной теме.

ОПК-2.3. Организует коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в рамках предложенного исследования.

Для всех индикторов один способ аттестации:

Форма аттестации:

Продемонстрировать навыки руководства научно-исследовательской деятельностью

Пример. Провести со студентами бакалавриата исследование релаксационного затухания собственных колебаний сегнетоэлектрических брусков при фазовом переходе.

Способ аттестации:

Критерии оценки:

1 уровень – проведена постановка задачи исследования.

2 уровень – объяснен метод исследования релаксационного затухания собственных колебаний сегнетоэлектрических брусков.

3 уровень – со студентами бакалавриата полностью проведено исследование с составлением задания, плана работы, выполнена обработка и анализ результатов, проведен опрос.

При сдаче экзамена используются билеты для проверки категорий знать, уметь и владеть (2 вопроса и 2 задания).

Пример опросного листа для семестровой аттестации:

1. Диэлектрические свойства сегнетоэлектриков в области фазовых переходов.

2. Описать методику Мерца по изучению процессов импульсной переполаризации в сегнетоэлектриках.

Пример билета для окончательной аттестации:

1. Электромеханические свойства сегнетоэлектриков с пьезоэффектом в параэлектрической фазе.
2. Влияние доменной структуры и электрического поля на пироэлектрические свойства сегнетоэлектриков.
3. Описать осциллографический метод наблюдения диэлектрического гистерезиса.
4. Описать определение коэффициента тепловой диффузии импульсным методом, модифицированным включением пироэлектрического детектора.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. Том 2 : учебник для вузов / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 380 с. — ISBN 978-5-507-47708-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/407759>
2. Поплавко, Ю.М. Физика активных диэлектриков: учебное пособие / Ю.М. Поплавко, Л.П. Переверзева, И.П. Раевский ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет" ; ред. В.П. Сахненко. - Ростов: Издательство Южного федерального университета, 2009. - 480 с. - библиогр. с: С. 475-478. - ISBN 978-5-9275-0636-1; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240943>
3. Холомина, Т. А. Свойства и применение диэлектриков и магнитных материалов : учебное пособие / Т. А. Холомина, М. В. Зубков. — Рязань : РГРТУ,

2023. — 80 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/380492>

4. Архипов, В. П. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле : учебно-методическое пособие / В. П. Архипов, А. Н. Темников. — Казань : КНИТУ, 2023. — 96 с. — ISBN 978-5-7882-3343-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/412238>

б) Дополнительная литература:

1. Привалов, Е.Е. Электротехническое материаловедение : учебное пособие / Е.Е. Привалов. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 234 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-3795-1 ; [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=276299>

2. Паринов, И.А. Сверхпроводники и сверхпроводимость : словарь-справочник / И.А. Паринов. - Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2010. - Т. 3. Применения и перспективы. - 863 с. - ISBN 978-5-9275-0735-1 ; [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241181>

3. Физика сегнетоэлектриков: современный взгляд [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 443 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66346>

4. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов / В.А. Головнин, И.А. Каплунов, О.В. Малышкина и др. - Москва : Техносфера, 2013. - 272 с. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-352-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233464>

5. Белоконь, А.В. Математическое моделирование необратимых процессов поляризации / А.В. Белоконь, А.С. Скалиух. – М.: Физматлит, 2010. - 328 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1275-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457422>

6. Богомолов А.А., Иванов В.В. Физика сегнетоэлектрических явлений. Тверь: ТвГУ, 2014. 160 с.

7. Богомолов А.А. Пироэлектрический эффект в сегнетоэлектриках. Тверь: ТвГУ, 2004. 108 с.

8. Богомолов А.А., Иванов В.В. Практикум по физике сегнетоэлектриков Тверь: ТвГУ, 2005. 104 с.

2) Программное обеспечение

Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows

Adobe Acrobat Reader

Google Chrome

OpenOffice

Mathcad 15 M010

Notepad++

Origin 8.1 Sr2

Многофункциональный редактор ONLYOFFICE

VLC media player

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1.ЭБС«ZNANIUM.COM» www.znanium.com;

2.ЭБС «Университетская библиотека онлайн»<https://biblioclub.ru/>;

3.ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

1) Планы практических занятий и методические рекомендации к ним.

Лабораторные занятия включают в себя экспериментальное или теоретическое исследование свойств нелинейных диэлектрических материалов, а также его обсуждение в группе.

Тема 1. Изучение фазовых переходов.

Вопросы для обсуждения:

1. Поведение поляризации и диэлектрической проницаемости в сегнетоэлектрических кристаллах при фазовом переходе 1 рода.
2. Поведение поляризации и диэлектрической проницаемости в сегнетоэлектрических кристаллах при фазовом переходе 2 рода.
3. Влияние электрического поля и механических напряжений на фазовые переходы в сегнетоэлектриках.

Тема 2. Процессы переключения и диэлектрический гистерезис.

Вопросы для обсуждения:

1. Зависимость поляризации и диэлектрических параметров от амплитуды приложенного электрического поля.
2. Нелинейные свойства сегнетоэлектриков.
3. Диэлектрическая вязкость и ее роль в процессах переключения сегнетоэлектриков.

Тема 3. Процессы переполаризации в сегнетоэлектриках и доменная структура.

Вопросы для обсуждения:

1. Импульсная переполаризация сегнетоэлектриков при коммутации электрического поля.
2. Скачкообразные процессы переполаризации в сегнетоэлектрических материалах.
3. Доменная структура в различных сегнетоэлектрических материалах и метода ее наблюдения.

Тема 4. Электромеханические свойства нелинейных диэлектриков.

Вопросы для обсуждения:

1. Метод резонанса-антирезонанса определения пьезоэлектрических параметров.

2. Пьезоэлектрические свойства изделий на основе керамик твердых растворов цирконата титаната свинца.

3. Особенности пьезоэлектрических свойств кристаллических сегнетоэлектриков.

4. Диэлектрическая релаксационная спектроскопия и пьезоэлектрический отклик материалов.

Тема 5. Пироэлектрический эффект в сегнетоэлектрических материалах.

Вопросы для обсуждения:

1. Статический и квазистатический методы определения пироэлектрического коэффициента и расчет поляризации.

2. Динамический метод исследования пироэлектрического эффекта.

3. Работа пироэлектрических приемников теплового излучения.

4. Пространственное распределение поляризации в сегнетоэлектрических материалах и методы его нахождения.

Тема 6. Тепловые, релаксационные и оптические свойства сегнетоэлектриков.

Вопросы для обсуждения:

1. Тепловые свойства сегнетоэлектрических материалов в широком температурном диапазоне.

2. Релаксационное затухание собственных колебаний сегнетоэлектрических брусков при фазовом переходе.

3. Электрооптические свойства сегнетоэлектриков.

Перечень вопросов и заданий для систематизации знаний:

1. Теплоемкость сегнетоэлектриков.

2. Теплопроводность сегнетоэлектрических кристаллов.

3. Аномалии тепловых свойств сегнетоэлектриков в районе фазового перехода и низких температур.
4. Поглощение ультразвука и внутреннее трение в сегнетоэлектриках
5. Электромеханические свойства сегнетоэлектриков, не обладающих пьезоэффектом в параэлектрической фазе.
6. Электромеханические свойства сегнетоэлектриков с пьезоэффектом в параэлектрической фазе.
7. Первичный и вторичный пироэлектрический эффекты.
8. Термодинамическое описание пироэлектрического эффекта в монокристаллическом сегнетоэлектрике.
9. Влияние доменной структуры и электрического поля на пироэлектрические свойства сегнетоэлектриков.
10. Пироэлектрические свойства приповерхностных слоев сегнетоэлектриков.
11. Электрокалорический эффект.
12. Практическое использование этих эффектов.
13. Общие сведения.
14. Линейный и квадратичный ЭОЭ.
15. Истинный и ложный электрооптические эффекты
16. Спонтанный и индуцированный электрическим полем ЭОЭ в сегнетоэлектриках.
17. Экспериментальные методы определения электрооптических коэффициентов.
18. Что показывает и как определяется коэффициент тепловой диффузии
19. Фононный механизм теплопроводности. Длина свободного пробега фонона.
20. Роль пироэлектрического детектора в определении коэффициента тепловой диффузии.
21. Пьезоэлектрический эффект (прямой и обратный)
22. Диссипация энергии.

23. Понятие логарифмического декремента затухания.
24. Отличия релаксационных затуханий собственных колебаний в керамике и кристаллах.
25. Что такое пирозэффект и пироккоэффициент?
26. Особенности динамического метода определения пироккоэффициентов.
27. Что такое равновесное (тепловое) состояние?
28. Понятия тепловой и электрической постоянных.
29. Использование метода регуляризации Тихонова в определении распределения поляризации по толщине образца.
30. Тепловые свойства сегнетоэлектриков
31. Упругие свойства сегнетоэлектриков.
32. Электромеханические свойства сегнетоэлектриков.
33. Пирозэлектрический и электрокалорический эффекты.

Программой предусматривается выполнение письменных контрольных работ и отчеты о выполнении студентами заданий на лабораторных занятиях в качестве форм рубежного контроля. Для подготовки к рубежному контролю предполагается выполнение домашних заданий по каждой пройденной в течение модуля теме и использование банка контрольных вопросов и заданий рабочей программы.

VII. Материально-техническое обеспечение

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебно-научная лаборатория физики сегнето – и пирозэлектриков № 45 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Компьютерный измерительный комплекс Cel 1.2/256Mb/Монитор Rover Scan 115GS"/плата сбора данных интегрированная ЛА-н150-14PCI 2. Компьютер (монитор Philips 206VL, Intel Pen CPU G840/ 2x2048 Mb/ HDD 500 Gb/клав (2 шт) 3. Принтер Xerox Phaser 3150 4. Компьютер iRU Corp 510 I5- 	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows Adobe Acrobat Reader Google Chrome OpenOffice Mathcad 15 M010 Notepad++ Origin 8.1 Sr2 Многофункциональный редактор ONLYOFFICE

	<p>2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5"(3 шт) 5. Микроскоп МВДС 6. Усилитель У4-28 7. Мост ВМ-509 8. Усилитель У5-11 (2 шт) 9. Мост Е-7-4 10. Измеритель ИМО-3 (2 шт) 11. Усилитель У3-33 12. Частотометр 13. Источник питания (2 шт) 14. Вольтметр (2 шт) 15. Милливольтметр 16. Вольтметр В-3-38 17. Выпрямитель ТЕС 18. Измеритель разности фаз Ф2-16 19. Измеритель Е-7 20. Осцилограф С-1 (6 шт) 21. Ультротермо УТО 22. Термостат У-4 23. Генератор Г3-112/1 24. Генератор Г3-33 25. Генератор Г3-112 (2 шт) 26. Генератор Г3-36 27. Усилитель У2-8</p>	<p>VLC media player</p>
<p>Учебно-научная лаборатория физики диэлектриков, пьезоэлектриков и сегнетоэлектриков-полупроводников № 35 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1. Экран настенный ScreenMedia 153*203 2. Ноутбук Samsung R 510 3. Проектор LG RD-JT90, DLP ,2 200 ANSI Lm, 4. Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест 5. Вольтметр Щ 1516 6. Вольтметр В-7-26 7. Вольтметр В-3-39 8. Генератор Г3-109 9. Магазин сопротивлений Р4830 10. Мост Р524 11. Мост Р-571 12. Измеритель В5-509 13. Микротвердомер ПМТ-3 14. Осцилограф С-1-65 15. Вольтметр В-3-42 16. Усилитель У4-28 17. Генератор Г3-34 18. Прибор Е7-11 19. Генератор Г3-102 20. Генератор Г-4-158 21. Частотометр Ч3-34 22. Вольтметр В-3-38 (2 шт)</p>	<p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows Adobe Acrobat Reader Google Chrome OpenOffice Mathcad 15 M010 Notepad++ Origin 8.1 Sr2 Многофункциональный редактор ONLYOFFICE VLC media player</p>

	23. Прибор КМС-6 24. Вольтметр В-7-27 25. Печь СУОП044 26. Источник питания Б-5-50 27. Измеритель Х1-38 28. Измеритель разности фаз Ф2-16 29. Прибор Picoammeter 6485 30. Пробник напряжения до 2500 В 31. Измеритель фаз Е-4-11 32. Термостат ИТИ 33. Прибор Х1-46 34. Выпрямитель ТЕС 35. Осциллограф С-1-68 36. Усилитель У5-11 37. Микроскоп 7М-9	
--	---	--

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			