

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 21.09.2022 14:22:47  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

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



Утверждаю:

Руководитель ООП

А.В. Солнышкин

«28» июня 2022 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.

Тверь, 2022

## **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	
<b>Раздел 1. Изучение фазовых переходов</b> 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
<b>Раздел 2. Процессы переключения и диэлектрический гистерезис.</b> 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
<b>Раздел 3. Процессы переполяризации в сегнетоэлектриках и доменная структура.</b> 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
<b>Раздел 4. Электромеханические свойства нелинейных диэлектриков</b> 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
<b>Раздел 5. Пироэлектрический эффект в сегнетоэлектрических материалах</b>	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><b>Раздел 6. Тепловые, релаксационные и оптические свойства сегнетоэлектриков</b></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 <math>\text{LiNbO}_3</math>)</p>	20	3		17
<b>ИТОГО</b>	108	26		82

### III. Образовательные технологии

Учебная программа-наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
<p><b>Раздел 1. Изучение фазовых переходов</b></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><b>Раздел 2. Процессы переключения и диэлектрический гистерезис.</b></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><b>Раздел 3. Процессы переполяризации в сегнетоэлектриках и доменная структура.</b></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><b>Раздел 4. Электромеханические свойства нелинейных диэлектриков</b></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><b>Раздел 5. Пироэлектрический эффект в сегнетоэлектрических материалах</b></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><b>Раздел 6. Тепловые, релаксационные и оптические свойства сегнетоэлектриков</b>  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 <math>\text{LiNbO}_3</math>)</p>	<p><i>Лабораторные работы</i></p>	<p><i>Активное слушание  Решение индивидуальных задач  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: учебное пособие / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 384 с. —[Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71735](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71735)
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. Богомолов А.А., Иванов В.В. Физика сегнетоэлектрических явлений. Тверь: ТвГУ, 2014. 160 с.
4. Богомолов А.А. Пироэлектрический эффект в сегнетоэлектриках. Тверь: ТвГУ, 2004. 108 с.

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

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>

2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://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 переполяризации в сегнетоэлектриках и доменная структура.

Вопросы для обсуждения:

1. Импульсная переполяризация сегнетоэлектриков при коммутации электрического поля.
2. Скачкообразные процессы переполяризации 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 пьезоэлектрический эффекты.
8. Термодинамическое описание пьезоэлектрического эффекта в монокристаллическом сегнетоэлектрике.
9. Влияние доменной структуры и электрического поля на пьезоэлектрические свойства сегнетоэлектриков.
10. Пьезоэлектрические 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 пироэффект и пирокоэффициент?
26. Особенности динамического метода определения пирокоэффициентов.
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. Пироэлектрический 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
<p>Учебно-научная лаборатория физики диэлектриков, пьезоэлектриков и сегнетоэлектриков-полупроводников № 35 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экран настенный ScreenMedia 153*203</li> <li>2. Ноутбук Samsung R 510</li> <li>3. Проектор LG RD-JT90, DLP ,2 200 ANSI Lm,</li> <li>4. Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест</li> <li>5. Вольтметр Щ 1516</li> <li>6. Вольтметр В-7-26</li> <li>7. Вольтметр В-3-39</li> <li>8. Генератор ГЗ-109</li> <li>9. Магазин сопротивлений Р4830</li> <li>10. Мост Р524</li> <li>11. Мост Р-571</li> <li>12. Измеритель В5-509</li> <li>13. Микротвердомер ПМТ-3</li> <li>14. Осциллограф С-1-65</li> <li>15. Вольтметр В-3-42</li> <li>16. Усилитель У4-28</li> <li>17. Генератор ГЗ-34</li> <li>18. Прибор Е7-11</li> <li>19. Генератор ГЗ-102</li> <li>20. Генератор Г-4-158</li> <li>21. Частотометр ЧЗ-34</li> <li>22. Вольтметр В-3-38 (2 шт)</li> <li>23. Прибор КМС-6</li> <li>24. Вольтметр В-7-27</li> <li>25. Печь СУОП044</li> <li>26. Источник питания Б-5-50</li> <li>27. Измеритель Х1-38</li> <li>28. Измеритель разности фаз Ф2-16</li> <li>29. Прибор Рisoammeter 6485</li> <li>30. Пробник напряжения до 2500 В</li> <li>31. Измеритель фаз Е-4-11</li> <li>32. Термостат ИТИ</li> <li>33. Прибор Х1-46</li> <li>34. Выпрямитель ТЕС</li> <li>35. Осциллограф С-1-68</li> <li>36. Усилитель У5-11</li> <li>37. Микроскоп 7М-9</li> </ol>	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №785 от 06.08.2021 г. MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №785 от 06.08.2021 г. Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно</p>
<p>Учебно-научная лаборатория физики</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компьютерный измерительный комплекс Cel</li> </ol>	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу</p>

<p>сегнето – и пироэлектриков № 45 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.2/256Mb/Монитор Rover Scan 115GS"/плата сбора данных интегрированная ЛА-н150-14PCI</li> <li>2. Компьютер (монитор Philips 206VL, Intel Pen CPU G840/ 2x2048 Mb/ HDD 500 Gb/клав (2 шт)</li> <li>3. Принтер Xerox Phaser 3150</li> <li>4. Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5"(3 шт)</li> <li>5. Микроскоп МВДС</li> <li>6. Усилитель У4-28</li> <li>7. Мост ВМ-509</li> <li>8. Усилитель У5-11 (2 шт)</li> <li>9. Мост Е-7-4</li> <li>10. Измеритель ИМО-3 (2 шт)</li> <li>11. Усилитель У3-33</li> <li>12. Частотомер</li> <li>13. Источник питания (2 шт)</li> <li>14. Вольтметр (2 шт)</li> <li>15. Милливольтметр</li> <li>16. Вольтметр В-3-38</li> <li>17. Выпрямитель ТЕС</li> <li>18. Измеритель разности фаз Ф2-16</li> <li>19. Измеритель Е-7</li> <li>20. Осциллограф С-1 (6 шт)</li> <li>21. Ультротермо УТО</li> <li>22. Термостат У-4</li> <li>23. Генератор Г3-112/1</li> <li>24. Генератор Г3-33</li> <li>25. Генератор Г3-112 (2 шт)</li> <li>26. Генератор Г3-36</li> <li>27. Усилитель У2-8</li> </ol>	<p>прав №785 от 06.08.2021 г MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №785 от 06.08.2021 г Kaspersky Endpoint Security для Windows - Акт на передачу прав №1842 30.11.2020 Архиватор 7-Zip - бесплатно Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно Unreal Commander - бесплатно Почта Outlook – бесплатно Origin 8.1 Sr2 - договор №13918/М41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»; Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав ИС000000027 от 16.09.2011</p>
--	---	--

### VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

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