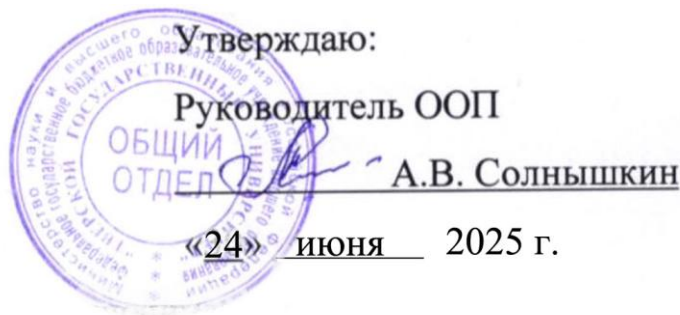


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сердитова Наталья Евгеньевна
Должность: проректор по образовательной деятельности
Дата подписания: 21.08.2025 10:37:47
Уникальный программный ключ:
6cb002877b2a1ea640fdebb0cc541e4e05322d13

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



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Диэлектрическая спектроскопия

Направление подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

1 курса, очной формы обучения

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

Кислова

Тверь, 2025

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов углубленных знаний в области физики диэлектриков, а именно освоение ряда вопросов, касающихся диэлектрической релаксационной спектроскопии.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов общего представления о диэлектрическом отклике конденсированных;
- изучение эффектов, связанных с различными типами поляризации и релаксационными явлениями в твердых телах;
- подготовка студентов к изучению специальных обзоров и оригинальных работ по отдельным вопросам данной области знания.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Диэлектрическая спектроскопия» относится к модулю Нелинейные диэлектрики и полупроводники Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Содержательно она способствует углублению и расширению знаний о физических свойствах и их взаимосвязи со структурой конденсированных сред. Учебная дисциплина непосредственно связана с дисциплинами «Динамика решетки и сегнетоэлектрические явления», «Нелинейные диэлектрики», «Специализированный физический практикум по диэлектрическим материалам».

Уровень начальной подготовки для успешного освоения дисциплины: обучающийся должен *иметь представление* о линейных и нелинейных материалах, о процессах переключения в твердых телах; *знать* основные законы электродинамики, электричества и магнетизма; *владеть* математическим аппаратом теорий функции комплексного переменного и дифференциальных уравнений.

Изучению данной дисциплины предшествуют «Теория функций комплексного переменного», «Физика конденсированного состояния вещества», «Физика

нелинейных материалов», «Физика полупроводников». Освоение дисциплины необходимо для понимания процессов переключения в нелинейных материалах, для изучения релаксационных процессов и диэлектрического отклика материалов под внешним воздействием. Освоение дисциплины способствует подготовке студентов к изучению специальных обзоров и оригинальных работ при работе над выпускной магистерской диссертацией.

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

контактная аудиторная работа: лекции 15 часов, лабораторные занятия 30 часов;

самостоятельная работа: 63 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>
ПК-1. Осуществляет проектирование и разработку продукции в части, касающейся разработки объемных нанокерамик, соединений и композитов на их основе, а также выбора расходных и вспомогательных материалов	ПК-1.1. Реализует лабораторный технологический процесс на технологическом оборудовании материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями и получает партии пробных образцов новых материалов; ПК-1.2. Организует процесс измерения и испытания полученных образцов на контрольном, измерительном и испытательном оборудовании; ПК-1.3. Разрабатывает рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов обработки материалов.
ПК-2. Проводит работу по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.	ПК-2.3. Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; ПК-2.4. Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Зачет в 1 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.)
		Лекции		Лабораторные работы		
		всего	в т.ч. ПП	всего	в т.ч. ПП	
Раздел 1. Диэлектрическая релаксационная спектроскопия. Экспериментальное определение частотных зависимостей диэлектрического отклика.	17	2		5		10
Раздел 2. Спектр диэлектрического отклика материалов. Релаксационные процессы в диэлектриках. Теория Дебая.	17	2		5		10
Раздел 3. Диэлектрическая релаксационная спектроскопия. Формула Коула-Коула. Методика Коула-Коула.	18	3		5		10
Раздел 4. Комплексная диэлектрическая проницаемость в рамках модели Дэвидсона-Коула и ее представление на диаграмме Коула-Коула.	18	3		5		10
Раздел 5. Обобщенная модель Гаврильяка-	18	3		5		10

Негами для описания диэлектрического отклика различного типа диэлектриков и структур.						
Раздел 6. Некорректно поставленные задачи диэлектрической спектроскопии. Метод регуляризации Тихонова для расчета функции распределения времен релаксации.	17	2		5		13
ИТОГО		15		30		63

III. Образовательные технологии

Учебная программа-наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
Раздел 1. Диэлектрическая релаксационная спектроскопия. Экспериментальное определение частотных зависимостей диэлектрического отклика.	Лекции, практические занятия	1.Изложение теоретического материала (презентация) 2. Проведение лабораторных работ
Раздел 2. Спектр диэлектрического отклика материалов. Релаксационные процессы в диэлектриках. Теория Дебая.	Лекции, практические занятия	1.Изложение теоретического материала (презентация) 2. Проведение лабораторных работ
Раздел 3. Диэлектрическая релаксационная спектроскопия. Формула Коула-Коула. Методика Коула-Коула.	Лекция	Изложение теоретического материала (презентация)
Раздел 4. Комплексная диэлектрическая проницаемость в рамках модели Дэвидсона-Коула и ее представление на диаграмме Коула-Коула.	Лекции, практические занятия	1.Изложение теоретического материала (презентация) 2. Проведение лабораторных работ
Раздел 5. Обобщенная модель Гаврильяка-Негами для	Лекции, практические занятия	1.Изложение теоретического материала (презентация)

описания диэлектрического отклика различного типа диэлектриков и структур.		2. Проведение лабораторных работ
Раздел 6. Некорректно поставленные задачи диэлектрической спектроскопии. Метод регуляризации Тихонова для расчета функции распределения времен релаксации.	Лекции, практические занятия	1. Изложение теоретического материала (презентация) 2. Проведение лабораторных работ

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации:

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Диэлектрическая спектроскопия» могут получить 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.).

ПК-1. Осуществляет проектирование и разработку продукции в части, касающейся разработки объемных нанокерамик, соединений и композитов на их основе, а также выбора расходных и вспомогательных материалов:

ПК-1.1. Реализует лабораторный технологический процесс на технологическом оборудовании материаловедческого подразделения в соответствии с разработанными рекомендациями и получает партии пробных образцов новых материалов;

ПК-1.3. Разрабатывает рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов обработки материалов.

Для всех индикаторов одинаковые способы оценки.

Задание: выполнение лабораторных работ по изучению зависимости диэлектрического отклика материалов от внешних воздействий.

Способ аттестации: устный и отчет в электронном виде.

Критерии оценки:

Высокий уровень (отлично): ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются всестороннее, систематическое и глубокое знание материала;

Средний уровень (хорошо): Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Знание основных характеристик раскрываемых категорий излагаются в рамках рекомендованного учебниками и положений, данных на лекциях. Допускаются отдельные погрешности и неточности при ответе;

Низкий уровень (удовлетворительно): Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения в последовательности изложения. Ответ варьируется только в рамках лекционного курса и содержит знание сущности основных категорий дисциплины. Как правило, такой ответ краток, приводимые формулировки являются недостаточно четкими, в ответах допускаются неточности.

Неудовлетворительно: Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний. Ответ демонстрирует, что студент не разобрался с основными вопросами изученных в процессе обучения дисциплины (модуля). Данный балл ставится также студенту, списавшему ответы на вопросы и читающему эти ответы, не отрываясь от текста, а просьба объяснить или уточнить прочитанный таким образом материал по существу остается без ответа.

ПК-1.2. Организует процесс измерения и испытания полученных образцов на контрольном, измерительном и испытательном оборудовании;

Задание: Провести измерения диэлектрической спектроскопии, составить в Mathcad программу расчета мнимой и вещественной части комплексной диэлектрической проницаемости по Дэвидсону-Коулу.

Способ аттестации: устный и отчет в электронном виде.

Критерии оценки:

Высокий уровень (отлично): ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются всестороннее, систематическое и глубокое знание материала;

Средний уровень (хорошо): Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Знание основных характеристик раскрываемых категорий излагаются в рамках рекомендованного учебниками и положений, данных на лекциях. Допускаются отдельные погрешности и неточности при ответе;

Низкий уровень (удовлетворительно): Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения в последовательности изложения. Ответ варьируется только в рамках лекционного курса и содержит знание сущности основных категорий дисциплины. Как правило, такой ответ краток, приводимые формулировки являются недостаточно четкими, в ответах допускаются неточности.

Неудовлетворительно: Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний. Ответ демонстрирует, что студент не разобрался с основными вопросами изученных в процессе обучения дисциплины (модуля). Данный балл ставится также студенту, списавшему ответы на вопросы и читающему эти ответы, не отрываясь от текста, а просьба объяснить или уточнить прочитанный таким образом материал по существу остается без ответа.

ПК-2. Проводит работу по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

ПК-2.3. Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений;

ПК-2.4. Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.

Задание 1. Рассмотреть метод расчета компонент комплексной диэлектрической проницаемости согласно соотношениям Крамерса-Кронига.

Способ аттестации: устный и отчет в электронном виде.

Критерии оценки:

Высокий уровень (отлично) - полностью рассмотрен метод расчета компонент комплексной диэлектрической проницаемости согласно соотношениям Крамерса-Кронига и выполнен расчет согласно данным соотношениям.

Средний уровень (хорошо) - приведены соотношения Крамерса-Кронига.

Низкий уровень (удовлетворительно) – указана суть метода.

Задание 2. Рассмотреть полный диэлектрический спектр материалов для частотного диапазона до 10^7 Гц.

Способ аттестации: устный и отчет в электронном виде.

Критерии оценки: Высокий уровень (отлично) – проведено исследование спектральной зависимости диэлектрической проницаемости на различных материалах, проведен анализ полученных данных с помощью различных моделей. Дана качественная модель объяснения релаксационных и поляризационных механизмов в материалах.

Средний уровень (хорошо) - проведено исследование спектральной зависимости диэлектрической проницаемости на различных материалах, проведен анализ полученных данных с помощью различных моделей.

Низкий уровень (удовлетворительно) – проведены измерения диэлектрического отклика различных материалов. Проведен расчет диэлектрической проницаемости в математическом пакете Origin.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. 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>

2. 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>

3. Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-2003-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212135>

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. Богомолов А.А., Иванов В.В. Практикум по физике сегнетоэлектриков Тверь: ТвГУ, 2005. 104 с.
2. Иванов В.В. Физика диэлектриков: учебное пособие. Тверь: ТвГУ, 2000.
3. Томилин, В.И. Физическое материаловедение. В 2 частях : учебное пособие / В.И. Томилин, Н.П. Томилина, В.А. Бахтина. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - Ч. 1. Пассивные диэлектрики. - 280 с. - ISBN 978-5-7638-2510-7 ; [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229343>

4. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов : учебник / А.М. Адаскин, А.Н. Красновский. — М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2018. — 400 с. — [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=944397>
5. Костюков, Н.С. Волновая теория диэлектриков / Н.С. Костюков, С.М. Соколова, Н.В. Еремина. - Благовещенск : Издательство ПКИ Зея, 2012. - 154 с. - ISBN 978-5-7442-1538-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467683>
6. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука. 1986. 287 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:

Материалы в личном кабинете студентов системы lms.tversu.ru

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

1) Планы практических занятий и методические рекомендации к ним.

Практические занятия включают в себя экспериментальное или теоретическое исследование динамики решетки, а также его обсуждение в группе.

Практические занятия предполагают решение задач по рассмотренному на лекциях теоретическому материалу. На практические занятия также выносятся выводение ряда формул из лекционного курса с подробными промежуточными выкладками, которые были опущены при чтении лекции.

При подготовке к практическим занятиям студент должен изучить теоретический материал, рассмотренный на лекции.

1) Планы практических занятий и методические рекомендации к ним.

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

Тема 1. Диэлектрическая релаксационная спектроскопия.

Вопросы для обсуждения:

1. Экспериментальное определение частотных зависимостей диэлектрического отклика в области низких и инфранизких частот.

2. Экспериментальное изучение диэлектрического отклика в диапазоне частот до 1 ГГц.

3. Определение диэлектрических характеристик в СВЧ и инфракрасном диапазоне.

Тема 2. Спектр диэлектрического отклика материалов.

Вопросы для обсуждения:

1. Зависимость вещественной и мнимой компонент комплексной диэлектрической проницаемости от частоты.

2. Релаксационные процессы в диэлектриках.
3. Теория электрической поляризации по Дебаю.

Тема 3. Диэлектрическая релаксационная спектроскопия.

Вопросы для обсуждения:

1. Уравнение Друде-Лоренца, описывающего дисперсию с учетом затухания осциллятора.
2. Распределение времен релаксации. Уравнение Коула-Коула.
3. Методика Коула-Коула.

Тема 4. Размытый релаксационный спектр дисперсии.

Вопросы для обсуждения:

1. Комплексная диэлектрическая проницаемость в рамках модели Дэвидсона-Коула.
2. Представление компонент комплексной диэлектрической проницаемости на диаграмме Коула-Коула.
3. Распределение Фуосса-Кирквуда.

Тема 5. Обобщенные модели описания диэлектрического отклика.

Вопросы для обсуждения:

1. Размытый резонансный спектр дисперсии комплексной диэлектрической проницаемости.
2. Влияние электропроводности на диэлектрический спектр.
3. Обобщенная модель Гаврильяка-Негами для описания диэлектрического отклика.

Тема 6. Некорректно поставленные задачи диэлектрической спектроскопии.

Вопросы для обсуждения:

1. Функция распределения времен релаксации.

2. Восстановление функции времен релаксации по экспериментально измеренным диэлектрическим спектрам как некорректная задача.

3. Метод регуляризации Тихонова для расчета функции распределения времен релаксации.

Перечень вопросов и заданий для систематизации знаний:

1. Различные механизмы поляризации диэлектриков.
2. Ионно-деформационная поляризация.
3. Полярные и неполярные молекулы.
4. Дипольно-деформационная поляризация
5. Особенности деформационной (упругой и квазиупругой) поляризации.
6. Ионно-релаксационная поляризация.
7. Дипольно-релаксационная поляризация.
8. Электронно-деформационная поляризация.
9. Макроскопическое электрическое поле.
10. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Соотношение Крамерса-Кронинга для линейных диэлектриков.
11. Диэлектрическая проницаемость в неполярных жидкостях и газах. Уравнение Клаузиуса-Мосотти.
12. Диэлектрические потери при деформационной поляризации.
13. Поляризация полярных диэлектриков. Модель Кирквуда.
14. Тангенс угла диэлектрических потерь. Схемы замещения.
15. Диэлектрические потери, обусловленные электропроводностью диэлектриков.
16. Поляризация полярных диэлектриков. Модель Онзагера.
17. Локальное поле в приближение Лоренца.
18. Уравнение Дебая.
19. Диэлектрические потери при релаксационной поляризации.
20. Тангенс угла диэлектрических потерь. Схемы замещения.
21. Потери, обусловленные электропроводностью диэлектриков.

22. Тепловой пробой. Теория Вагнера. Три вида теплового пробоя.
23. Потери при релаксационной поляризации.
24. Электрический пробой. Теория Роговского. Теория Иоффе.
25. Потери при деформационной поляризации.
26. Электропроводность щелочно-галогидных кристаллов.
27. Релаксационный диэлектрический спектр. Диаграмма Коула-Коула.
28. Термоэлектреты.
29. Размытие релаксационного спектра. Диаграммы Коула-Коула для набора времен релаксации.
30. Фотоэлектреты.

Программой предусматривается выполнение письменных контрольных работ и отчеты о выполнении студентами заданий на лабораторных занятиях в качестве форм промежуточной аттестации в конце первой и второй половины семестра. 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.

Зачет

Студенты, освоившие программу курса «Диэлектрическая спектроскопия» сдают зачет на последнем занятии по дисциплине согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.). К сдаче зачета допускаются студенты, успешно выполнившие лабораторные работы по дисциплине.

Пример опросного листа для семестровой аттестации:

1. Основные виды поляризации диэлектриков.
2. Описать методику Коула-Коула представления данных диэлектрической спектроскопии.

3. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Соотношение Крамерса-Кронинга для линейных диэлектриков.

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 диэлектриков, пьезоэлектриков и сегнетоэлектриков-полупроводников № 35 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	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 ГЗ-109 9. Магазин сопротивлений Р4830 10. Мост Р524 11. Мост Р-571 12. Измеритель В5-509 13. Микротвердомер ПМТ-3 14. Осциллограф С-1-65 15. Вольтметр В-3-42 16. Усилитель У4-28 17. Генератор ГЗ-34 18. Прибор Е7-11 19. Генератор ГЗ-102 20. Генератор Г-4-158 21. Частотометр ЧЗ-34 22. Вольтметр В-3-38 (2 шт) 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	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
Учебно-научная	1. Компьютерный измерительный	Kaspersky Endpoint Security

лаборатория физики сегнето – и пироэлектриков № 45 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	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- 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. Осциллограф С-1 (6 шт) 21. Ультротермо УТО 22. Термостат У-4 23. Генератор ГЗ-112/1 24. Генератор ГЗ-33 25. Генератор ГЗ-112 (2 шт) 26. Генератор ГЗ-36 27. Усилитель У2-8	10 для Windows Adobe Acrobat Reader Google Chrome OpenOffice Mathcad 15 M010 Notepad++ Origin 8.1 Sr2 Многофункциональный редактор ONLYOFFICE VLC media player
---	--	---

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

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