

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 21.07.2025 15:23:22
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

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

Утверждаю:

Руководитель ООП



Е.М. Семенова

«24» июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Физические свойства сегнетоэлектриков

Направление подготовки

03.03.02 Физика

профиль

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

4 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Большакова Н.Н.

Тверь, 2025

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Физические свойства сегнетоэлектриков» является углубление знаний по ряду теоретических проблем в области физики конденсированного состояния вещества в части сегнетоэлектричества, а также изучение результатов современных экспериментальных исследований в данной области.

Задачами освоения дисциплины являются:

- изучение фундаментальных понятий, законов и теорий, относящихся к вопросам физики сегнетоэлектрических явлений;
- освоение методов экспериментальных исследований сегнетоэлектриков с применением научно-исследовательского оборудования и подготовки отчетов о результатах анализа полученных данных;
- формирование навыка работы с научной литературой и цифровыми базами данных для поиска информации по теме сегнетоэлектричества и подготовки научного обзора на основе критического анализа и синтеза информации.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физические свойства сегнетоэлектриков» изучается в элективном модуле «Диэлектрики» Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Учебная дисциплина «Физические свойства сегнетоэлектриков» базируется на курсах «Кристаллография», «Физика конденсированного состояния вещества», «Физика полупроводников», «Фазовые переходы», «Физика диэлектриков».

Изучение дисциплины необходимо для успешного прохождения обучающимися преддипломной практики и выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра.

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

контактная аудиторная работа: лекции 26 часов, лабораторные работы 52 часа, в том числе практическая подготовка 52 часа;

самостоятельная работа: 30 часов, в том числе контроль 27 часов.

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

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. УК-1.2. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи. УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.
ПК-2. Способен выполнять экспериментальную работу в области физики и оформлять результаты исследований и разработок.	ПК-2.1. Проводит экспериментальные исследования с применением научно-исследовательского оборудования в соответствии с утвержденными методиками. ПК-2.2. Анализирует физические явления и процессы в области физики конденсированного состояния и составляет отчет по теме исследования или по результатам проведенных экспериментов.

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Экзамен в 8 семестре.

6. Язык преподавания: русский.

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

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Лабораторные занятия	
Глава 1. Тепловые свойства сегнетоэлектриков. 1.1.Теплоемкость сегнетоэлектриков. 1.2.Теплопроводность сегнетоэлектрических кристаллов. 1.3. Аномалии тепловых свойств сегнетоэлектриков в районе фазового перехода и низких температур.	20	4	8	8
Глава 2 Упругие свойства сегнетоэлектриков. Поглощение ультразвука и внутреннее трение в сегнетоэлектриках	20	4	8	8
Глава 3. Электромеханические свойства сегнетоэлектриков. 3.1.Электромеханические свойства сегнетоэлектриков, не обладающих пьезоэффектом в параэлектрической фазе. 3.2. Электромеханические свойства сегнетоэлектриков с пьезоэффектом в параэлектрической фазе.	22	6	8	8
Глава 4. Пироэлектрический и электрокалорический эффекты. 4.1. Первичный и вторичный пироэлектрический эффекты. 4.2. Термодинамическое описание пироэлектрического эффекта в монокристаллическом сегнетоэлектрике. 4.3. Влияние доменной структуры и электрического поля на пироэлектрические свойства сегнетоэлектриков. 4.4. Пироэлектрические свойства приповерхностных слоев сегнетоэлектриков. 4.5. Электрокалорический эффект. 4.6. Практическое использование этих эффектов.	26	4	12	10

Глава 5. Электрооптический эффект				
5.1. Общие сведения.				
5.2. Линейный и квадратичный ЭОЭ.				
5.3. Истинный и ложный электрооптические эффекты	20	4	8	8
5.4. Спонтанный и индуцированный электрическим полем ЭОЭ в сегнетоэлектриках.				
5.5. Экспериментальные методы определения электрооптических коэффициентов				
ИТОГО	108	22	44	42

III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- планы лабораторных занятий и методические рекомендации к ним;
- методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов;
- сборники заданий для самоконтроля.

IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Наряду с другими дисциплинами учебного плана дисциплина «Физические свойства сегнетоэлектриков» участвует в формировании профессиональных компетенций ПК-1 «Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин», ПК-2 «Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта» и ПК-3 «Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований»

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса могут получить зачет по итогам семестровой и

полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

Шкала оценивания: Максимальная оценка каждого студента по итогам ответа на вопросы и результатам выполнения задания составляет 50 баллов. Она складывается из оценки уровня знаний (максимум 25 баллов), умений (максимум 15 баллов) и владений (максимум 10 баллов).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ПК-1 «Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин»

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Продemonстрировать навыки владения методиками проведения современного физического эксперимента в области физики сегнетоэлектриков с использованием новейших достижений физического приборостроения.	
Начальный уметь	Продemonстрировать умение решать типичные примеры по тепловым свойствам сегнетоэлект-риков. <u>Пример.</u> Нахождение	• Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ –

	теплоемкости сегнетоэлектриков.	0 баллов
Начальный знать	Продemonстрировать знания по упругим свойствам сегнетоэлектриков. <u>Пример.</u> Описать поглощение ультразвука и внутреннее трение в сегнетоэлектриках	• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.
Промежуточный владеть	Продemonстрировать навыки владения технологией поиска информации о физических свойствах сегнетоэлектриков в глобальной сети интернет. <u>Пример.</u> Описать положение уровня Ферми и концентрацию носителей заряда в невырожденных донорных полупроводниках	
Промежуточный уметь	определять основные характеристики сегнетоэлектрических кристаллов. <u>Пример.</u> Аномалии тепловых свойств сегнетоэлектриков в районе фазового перехода и низких температур.	• Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ – 0 баллов
Промежуточный знать	Продemonстрировать знания по пьезоэлектрическим, электрокалорическим, пьезоэлектрическим, электрооптическим свойства конкретныx кристаллов, обладающих спонтанной поляризацией <u>Пример.</u> Определение величины пьезокоэффициента образца кристалла ТГС динамическим методом	• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.

Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ПК-1 «Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин»

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

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

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:

1. Электромеханические свойства сегнетоэлектриков, не обладающих пьезоэффектом в параэлектрической фазе.
2. Электромеханические свойства сегнетоэлектриков с пьезоэффектом в параэлектрической фазе.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Термодинамическое описание пирозлектрического эффекта в монокристаллическом сегнетоэлектрике.
2. Влияние доменной структуры и электрического поля на пирозлектрические свойства сегнетоэлектриков.

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ПК-2 «Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта»

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Продemonстрировать навыки владения современными методами теоретического исследования физики сегнетоэлектрических явлений Уметь: использовать методики проведения современного физического эксперимента в области физики сегнетоэлектрических явлений. Знать: методики проведения современного физического эксперимента в области физики сегнетоэлектриков.	1).
Начальный уметь	Продemonстрировать умение решать типичные примеры на упругие свойства сегнетоэлектриков. <u>Пример.</u> Поглощение ультразвука в сегнетоэлектриках	• Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ – 0 баллов
Начальный знать	Продemonстрировать знания по упругим свойствам сегнетоэлектриков. <u>Пример.</u> Внутреннее трение в сегнетоэлектриках	• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.
Промежуточный владеть	Продemonстрировать навыки владения современными методами экспериментальных исследований физики сегнетоэлектрических явлений	
Промежуточный уметь	Использовать методики проведения современного физического эксперимента в	• Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован

	области физики сегнетоэлектрических явлений. <i>Пример.</i> Измерение теплопроводности сегнетоэлектрических кристаллов.	– 2 балла • Дан неверный ответ – 0 баллов
Промежуточный знать	Методики проведения современного физического эксперимента в области физики сегнетоэлектриков <i>Пример.</i> Метод определения коэффициента тепловой диффузии кристаллов ТГС импульсным методом,	• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное - 2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.

Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ПК-2 «Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта»

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

1. Пироэлектрические свойства приповерхностных слоев сегнетоэлектриков.
2. Электрокалорический эффект.
3. Практическое использование этих эффектов.

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:

1. Линейный ЭОЭ.
2. Квадратичный ЭОЭ.
3. Истинный и ложный электрооптические эффекты
4. Спонтанный и индуцированный электрическим полем ЭОЭ в сегнетоэлектриках.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

- 1.Первичный пирозлектрический эффект.
- 2.Вторичный пирозлектрический эффект.
- 3.Экспериментальные методы определения электрооптических коэффициентов

3. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ПК-3 «Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований»

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Продemonстрировать навыки владения материалом по пирозлектрическому эффекту. <i>Пример.</i> Описать первичный и вторичный пирозлектрический эффекты	
Начальный уметь	Продemonстрировать умение решать типичные примеры по пирозлектрическому эффекту. <i>Пример.</i> Термодинамическое описание пирозлектрического эффекта в монокристаллическом сегнетоэлектрике.	• Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ – 0 баллов
Начальный знать	Продemonстрировать знания по пирозлектрическому эффекту. <i>Пример</i> Описать влияния доменной структуры на пирозлектрические свойства сегнетоэлектриков.	• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.
Промежуточный	Продemonстрировать навыки	

владеть	владения материалом по электрокалорическому эффекту <i>Пример.</i> Описать электрокалорический эффект в полупроводниках	
Промежуточный уметь	Продemonстрировать умение решать типичные примеры по электрокалорическому эффекту. <i>Пример</i> Измерения электрокалорического эффекта в сегнетоэлектрических материалах.	• Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ – 0 баллов
Промежуточный знать	Продemonстрировать знания по <i>Пример.</i> Практическое использование электрокалорического эффекта	• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное - 2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.

Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ПК-3 «Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований»

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

1. Методика определение коэффициента тепловой диффузии.
2. Релаксационное затухание собственных колебаний сегнетоэлектриков при фазовых переходах.
3. Пьезоэлектрические свойства сегнетоэлектриков

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:

1. Электрооптические свойства сегнетоэлектриков.
2. Пространственное распределение поляризации в сегнетоэлектрических материалах.
3. Вид частотных зависимостей пиротока в сегнетоэлектрических материалах.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Определение величины пироккоэффициента образца кристалла ТГС динамическим методом.
2. Восстановление распределения поляризации по частотным зависимостям пироэлектрического отклика (LIMM- МЕТОД)

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

а) Основная литература:

1. Физика сегнетоэлектриков: современный взгляд : учебное пособие / под редакцией К. М. Рабе [и др.] ; перевод с английского Б. А. Струкова, А. И. Лебедева. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 443 с. — ISBN 978-5-00101-827-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151471>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Алешкевич В.А. Электромагнетизм: учебник. - М. : Физматлит, 2014. - 404 с. - [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275299>

б) Дополнительная литература:

1. Иродов, И. Е. Электромагнетизм. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов ; художник Н. А. Лозинская. — 12-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 322 с. — ISBN 978-5-93208-520-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/172251>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кузнецов С. И. Курс лекций по физике. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм. Колебания и волны: Учебное пособие. - Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2016. - 290 с. - [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=675264>

3. Сидоркин, А.С. Доменная структура в сегнетоэлектриках и родственных материалах [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2000. — 240 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59280> .
4. Максименко, В.А. Фотоиндуцированные процессы в кристаллах ниобата лития [Электронный ресурс] : монография / В.А. Максименко, А.В. Сюй, Ю.М. Карпец. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2008. — 96 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59515> .
5. Горелик, С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков [Электронный ресурс] : учеб. / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2003. — 480 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1816> .
6. Сидоркин, А. С. Доменная структура в сегнетоэлектриках и родственных материалах / А. С. Сидоркин. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2000. — 240 с. — ISBN 5-9221-0095-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59280>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «ИНФРА-М» <http://www.znaniium.com>
2. ЭБС «Университетская библиотека ОН-ЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1) Планы лабораторных занятий и методические рекомендации к ним.

Лабораторные занятия включают в себя экспериментальное или теоретическое исследование свойств и процессов в полупроводниковых материалах и структурах на их основе, а также его обсуждение в группе.

Список лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Определение коэффициента тепловой диффузии кристаллов ТГС импульсным методом, модифицированным включением пирозлектрического детектора

Лабораторная работа № 2

Лабораторная работа №3 Пьезоэлектрические свойства сегнетоэлектриков (часть 1, 2)

Лабораторная работа №4. Пирозлектрические свойства сегнетоэлектриков (квазистатический метод)

Лабораторная работа №5 Определение величины пирокоэффициента образца кристалла ТГС динамическим методом (часть 1, 2)

Лабораторная работа №6 Электрооптические свойства сегнетоэлектриков (На примере кристалла LiNbO_3)

Лабораторная работа №7 Пространственное распределение поляризации в сегнетоэлектрических материалах и вид частотных зависимостей пиротока

Лабораторная работа №8 Восстановление распределения поляризации по частотным зависимостям пирозлектрического отклика (LIMM- МЕТОД).

2) Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:

Самостоятельная работа студентов предполагает:

- обязательное выполнение домашних заданий, предусмотренных лекционными и лабораторными занятиями;
- углубленное изучение литературы и решение задач по пройденным темам и по вопросам, дополнительно указанным преподавателем;
- использование материалов рабочей программы для систематизации знаний и подготовке к занятиям и контрольным работам.

Перечень вопросов 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

3) Требования к рейтинг-контролю

Результаты промежуточной аттестации выставляются на основе текущего контроля успеваемости (рейтинг-контроль, баллы за выполненные практические задания суммируются) и по результатам зачета.

Рейтинг 1 (Темы 1-3)

Первая контрольная точка. Содержание модуля 1: Раздел 1-3. Лабораторные работы (4)

30 баллов, из них 10 –текущая работа, 10- посещаемость, 10- контрольная работа. 10-ая неделя

Теоретические вопросы для 1 контрольной точки

- 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.

Рейтинг 2.

Вторая контрольная точка. Содержание модуля 2: Раздел 4-5.

Лабораторные работы (4)

30 баллов, из них 10 –текущая работа, 10- посещаемость, 10- контрольная работа.

Теоретические вопросы для 2 контрольной точки

1. Первичный и вторичный пирозлектрический эффекты.
2. Термодинамическое описание пирозлектрического эффекта в монокристаллическом сегнетоэлектрике.
3. Влияние доменной структуры и электрического поля на пирозлектрические свойства сегнетоэлектриков.
4. Пирозлектрические свойства приповерхностных слоев сегнетоэлектриков.
5. Электрокалорический эффект.
6. Практическое использование этих эффектов.
7. Общие сведения.
8. Линейный и квадратичный ЭОЭ.
9. Истинный и ложный электрооптические эффекты

10. Спонтанный и индуцированный электрическим полем ЭОЭ в сегнетоэлектриках.

11. Экспериментальные методы определения электрооптических коэффициентов

Критерии: работа на каждом практическом занятии – по 5 баллов (текущая работа), правильный ответ на один вопрос контрольной работы – 2 балла.

Программой предусматривается выполнение письменных контрольных работ и отчеты о выполнении студентами заданий на лабораторных занятиях в качестве форм рубежного контроля в конце каждого модуля. 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.

VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

-

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

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. Частотомер 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	Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно

Помещения для самостоятельной работы:

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт 2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь 3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-port DGS-1016D 4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3» 7. Комплект учебной мебели	Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009 Google Chrome - бесплатно Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. Lazarus 1.4.0 - бесплатно Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав IC00000027 от 16.09.2011 MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012 Microsoft Express Studio 4 - бесплатно MiKTeX 2.9 - бесплатно MPICH 64-bit – бесплатно MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017

Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания, утвердившего изменения
1	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г

		дисциплиной компетенций	
2	Раздел IV	Скорректированы задания для промежуточной аттестации в соответствии с обновленным «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
3	Раздел V	Обновлен перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
4	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
5	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за дисциплиной компетенций	Протокол Совета ФТФ № 6 от 15.01.2019 г.
6	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
7	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о рейтинговой системе обучения в ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
8	Раздел IX	Актуализированы данные на основе Справки МТО ООП	Протокол Совета ФТФ №14 от 03.07.2021
9	Раздел V	Обновлен перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Протокол Совета ФТФ №14 от 03.07.2021