

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета РТЭ  Небольсин В.А.
«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Экспериментальные методы исследований»

Направление подготовки 16.03.01 Техническая физика

Профиль Физическая электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2021

Автор программы  /Калинин Ю.Е. /

И.о. заведующего кафедрой
Физики твердого тела  /Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП  /Янченко Л.И./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Создать условия для формирования у обучаемого знаний, необходимых для понимания сущности экспериментальных методов исследования физических процессов, умения активно использовать эти знания, а также формирование фундаментальных знаний по экспериментальным методам исследования физических свойств конденсированных твердых сред, изделий и компонентов.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- усвоение физических принципов наиболее распространенных экспериментальных методов изучения физических свойств твердых тел;
- освоение теории методов, границ применимости, оценки точности измерений, а также критической оценки и возможностей каждого метода;
- знакомство студентов с новейшими методами исследования структуры и физических свойств в последние 10 лет;
- приобретение экспериментальных навыков исследования электрического сопротивления, внутреннего трения, других физических свойств, а также возможности использования вычислительной техники в получении и обработке экспериментальных результатов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Экспериментальные методы исследований» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Экспериментальные методы исследований» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, готовить и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций

ПК-5 - Контроль параметров материалов, узлов и устройств физической электроники

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	Знать роль эксперимента в технической физике
	Уметь анализировать и систематизировать результаты исследований, готовить и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
	Владеть навыками организации

	экспериментальных исследований различных объектов технической физики
ПК-5	Знать характеристики аппаратуры для экспериментальных физико-технических исследований; сведения об основных типах стандартных измерительных приборов, устройств и информационно-измерительных комплексах
	Уметь самостоятельно освоить современную физическую аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней
	Владеть способностью выбрать и применить современные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Экспериментальные методы исследований» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр ы
		8
Аудиторные занятия (всего)	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	63	63
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение

трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержаниераздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Методы измерения электропроводности, термоэдс и эффекта Холла	Основные понятия и единицы измерения. Измерение напряжения и силы тока. Измерение электрического сопротивления. Метод вольтметра-амперметра. Метод непосредственной оценки. Электронные омметры. Измерительные мосты постоянного тока. Метод дискретного счета. Цифровые приборы. Определение температурного коэффициента электрического сопротивления. Измерение электрической проводимости в полупроводниках и диэлектриках. Подготовка образцов к измерениям. Методы получения омических контактов. Двухзондовый метод измерения. Однозондовый метод измерения распределения удельного электрического сопротивления. Четырехзондовый метод измерения. Измерение электрической проводимости пластин произвольной геометрической формы. Высокочастотные бесконтактные методы измерения удельного электрического сопротивления. Определение ширины запрещенной зоны полупроводников и диэлектриков по температурной зависимости проводимости. Методы измерения термоэдс. Эффект Холла и сопутствующие ему явления. Подготовка образцов для измерения эффекта Холла. Основные методы измерения эффекта Холла. Метод постоянного магнитного поля и постоянного тока. Метод переменного тока или переменного магнитного поля. Метод переменного тока и переменного магнитного поля. Определение параметров полупроводников из	6	6	4	10	26

		измерений эффекта Холла. Определение концентрации донорных и акцепторных примесей по измерению эффекта Холла. Определение концентрации доноров и акцепторов по температурной зависимости подвижности. Определение ширины запрещенной зоны.					
2	Измерение параметров неравновесных носителей	Оптические методы измерения параметров полупроводников Спектральные характеристики оптических методов исследований. Измерение спектров поглощения. Современные оптические приборы: спектрографы, спектрометры, спектрофотометры. Одно- и двухлучевые спектрометры. Определение параметров полупроводников из спектров поглощения. Определение параметров полупроводников из фоллюминесцентных и фотоэлектрических измерений Определение параметров полупроводников путем измерения фотолуминес-центных и фотоэлектри-ческих свойств. Измерение стационарной фотопрово-димости. Определение параметров полупровод-ников методом затухания фотопроводимости. Фазовый и частотный методы измерения времени жизни. Определение параметров полупроводников методами электрического и светового зонда Методы измерения дрейфовой подвижности. Определение коэффициента диффузии. Измерение диффузионной длины методом подвижного светового зонда. Измерение времени жизни методом модуляции проводимости точечным контактом.	6	6	4	10	26
3	Исследование механических свойств конструкционных материалов	Основные методы испытаний механических свойств Классификация и особенности механических испытаний. Испытания на растяжение.	6	6	4	10	26

		Основные прочностные параметры и характеристики пластичности. Испытания на сжатие. Испытания на изгиб. Испытания на кручение. Методы испытаний на усталость, жаропрочность и динамических свойств. Испытания на замедленное разрушение. Испытания на релаксацию напряжений. Испытания на ударную вязкость. Испытания на усталость. Явление ползучести. Испытания на ползучесть. Испытания на длительную прочность. Методы измерения твердости. Твердость по Бринеллю. Твердость по Виккерсу. Твердость по Роквеллу. Микротвердость. Наноиндентирование. Другие статические и динамические методы определения твердости					
4	Методы измерения внутреннего трения	Понятие неупругости и внутреннего трения. Меры внутреннего трения. Методы измерения внутреннего трения. Метод крутильного маятника. Обратный крутильный маятник. Методики измерения внутреннего трения в области частот $5 \cdot 10^2$ - $5 \cdot 10^5$ Гц. Методика измерения внутреннего трения в тонких пленках и фольгах. Измерение затухания в твердых телах в области частот 10^6-10^9 Гц. Импульсный эхо-метод. Импульсный метод для измерения скорости звука и коэффициента поглощения. Выбор методики и оценка ошибок при измерении внутреннего трения. Феноменологическое описание релаксационных процессов. Определение энергии активации релаксационных процессов. Определение энергии активации по смещению положения максимума. Определение энергии активации по форме максимума внутреннего трения. Определение энергии активации по полувысоте релаксационного максимума.	6	6	2	12	26

		Определение энергии активации по температурному положению максимума внутреннего трения. Исследование коэффициента диффузии методом внутреннего трения. Физические основы демпфирующей способности твердых тел.					
5	Методы измерения магнитных свойств	Основные параметры, характеризующие магнитные материалы. Основные методы исследования магнитных свойств вещества. Методы измерения напряженности магнитного поля. Использование датчика Холла. Другие методы измерения напряженности магнитного поля. Магнитометрический метод: Астатический магнитометр. Вибрационный магнитометр. Методы измерения магнитных свойств в переменных полях Основные методы измерения магнитострикции и наблюдение доменной структуры. Метод вольтметра и амперметра. Мостовые методы измерения магнитных характеристик. Потенциометрический метод измерения магнитных характеристик в переменных полях. Измерение магнитной проницаемости и потерь на частотах 50 кГц-10 МГц. Тензометрический метод измерения магнитострикции. Емкостной метод измерения. Другие методы измерения магнитострикции. Методы наблюдения магнитной структуры: метод порошковых фигур Акулова-Биттера; метод лоренцевской электронной микроскопии; метод растровой электронной микроскопии; рентгенографический метод. Современные методы исследования доменной структуры.	6	6	2	11	25
6	Методы измерения	Методы определения	6	6	2	10	24

	физических свойств	плотности твердых тел Флотационный метод определения плотности. Определение плотности твердых тел методом гидростатического взвешивания. Простой метод гидростатического взвешивания. Дифференциальный метод гидростатического взвешивания. Выбор весов. Выбор вспомогательной жидкости. Пикнометрический метод. Рентгеновский метод. Другие методы определения плотности. Определение теплового расширения Основные сведения и характеристики теплового расширения. Основные прямые методы измерения теплового расширения вещества: метод компаратора, интерференционный метод, рентгеновский. Относительные методы измерения теплового расширения вещества. Методы измерения теплопроводности Основные сведения и единицы измерения. Абсолютные методы измерения теплопроводности: калориметрические, энергетические. Относительные методы измерения теплопроводности. Нестационарные методы.					
Итого			36	36	18	63	153

5.2 Перечень лабораторных работ

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов
7 семестр		18
2	Лабораторная работа № 1 Измерение удельного электрического сопротивления четырехзондовым методом	2
2	Лабораторная работа № 2 Определение концентрации акцепторов и доноров по результатам исследования низкотемпературной зависимости ЭДС Холла	2
6	Лабораторная работа № 3 Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей тока в	4

	полупроводниках	
10	Лабораторная работа № 4 Изучение микротвердости твердых тел	4
14	Лабораторная работа № 5 Изучение амплитудной зависимости внутреннего трения в металлах.	4
16	Лабораторная работа № 6 Измерение плотности твердых тел.	2
Итого		18

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы:

1. Методы исследования квантового эффекта Холла.
2. Электронографический и нейтронографический анализы.
3. Электронно-микроскопический метод анализа.
4. Высокотемпературная металлография.
5. Оптико-электронные системы измерения температуры.
6. Растровая электронная микроскопия.
7. Метод электронного парамагнитного резонанса.
8. Метод ядерного магнитного резонанса.
9. Методы определения теплопроводности.
10. Методы определения теплоемкости.
11. Методы определения теплового расширения.
12. Методы определения коэффициента диффузии.
13. Сканирующая туннельная микроскопия и сканирующая микроскопия на атомных силах.
14. Магнитооптические методы исследований.
15. Термические методы анализа.
16. Оже-электронная спектроскопия.
17. Методы измерения толщины эпитаксиальных слоев и геометрических параметров полупроводниковых пластин и структур.
18. Спектральный анализ.
19. Оптические методы измерения параметров полупроводников.
20. Измерение параметров МДП-структур.
21. Методы измерения работы выхода.
22. Вторичная ионная масс-спектроскопия.
23. Емкостная спектроскопия полупроводников.
24. Методы определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь.

25. Определение электрической прочности диэлектриков.

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- приобретение опыта, развитие и накопление специальных навыков при работе с литературой в библиотеке и Интернете;
- осуществление сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации по теме курсовой работы;
- выполнение подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам курсовой работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

- «аттестован»;
- «не аттестован».

Компетенци я	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
-----------------	--	------------------------	------------	---------------

ПК-3	Знать характеристики аппаратуры для экспериментальных физико-технических исследований;	Активная работа на практических и лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь самостоятельно освоить современную физическую аналитическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	Решение стандартных практических задач, написание отчета по лабораторной работе	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть способностью самостоятельно осваивать современную физическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по лабораторной работе	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	Знать принципы реализации и контроля качества объектов исследования	Активная работа на практических и лабораторных занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь выбрать методику и объект исследования, выполнить теоретический анализ результатов исследования	Решение стандартных практических задач, написание отчета по лабораторной работе	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	Владеть способностью выбрать и применить современные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по лабораторной работе	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
--	---	---	---	---

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-3	Знать роль эксперимента в технической физике	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь анализировать и систематизировать результаты исследований, готовить и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками организации экспериментальных исследований различных	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	объектов технической физики					
ПК-5	Знать характеристики аппаратуры для эксперименталь ных физико-техничес ких исследований; сведения об основных типах стандартных измерительных приборов, устройств и информационно- измерительных комплексах	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнен ие теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правил ьных ответо в
	Уметь самостоятельно освоить современную физическую аналитическую и технологическу ю аппаратуру различного назначения и работать на ней	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстр ирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемон стр ирован верный ход решения в большинс тве задач	Задачи не решен ы
	Владеть способностью выбрать и применить современные методы исследования физико-техничес ких объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационн	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстр ирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемон стр ирован верный ход решения в большинс тве задач	Задачи не решен ы

ые испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики					
---	--	--	--	--	--

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Назовите единицы измерения удельного электрического сопротивления	1) Ом / м 2) Ом / см 3) Ом·м 4) Ом·км (Эталон: 3)
2	Модуль Юнга измеряется в:	1) Н 2) Н/м ² 3) Па 4) Кг (Эталон: 2, 3)
3	Отношение скорости дрейфа носителей заряда к напряженности электрического поля представляет их	1) проводимость 2) теплопроводность 3) подвижность 4) фотопроводимость (Эталон: 3)
4	Какие методы используют при измерении магнитных свойств?	1) амперметра - вольтметра 2) однозондовый 3) магнитометрический 4) четырехзондовый (Эталон: 1, 3)
5	Какие методы используют при измерении электропроводности полупроводников?	1) амперметра–вольтметра 2) однозондовый 3) непосредственной оценки 4) четырехзондовый 1) (Эталон: 2, 4)

3	При измерении эффекта Холла в полупроводниках через образец пропускают электрический ток плотности :	1) $\leq 10 \text{ А/см}^2$ 2) $\leq 10^4 \text{ А/см}^2$ 3) $\leq 10^5 \text{ А/см}^2$ 4) $\leq 10^6 \text{ А/см}^2$ (Эталон: 1)
4	Отношение относительных изменений поперечного и продольного размеров образца при деформации – это :	1) модуль Юнга 2) коэффициент Гука 3) коэффициент Пуассона 4) коэффициент Грюнайзена (Эталон: 3)
5	Отношение приложенной силы к относительной деформации при растяжении – это :	1) сдвиг 2) напряжение 3) изгиб 4) упругость. (Эталон: 2)
6	Критерием годности продукции при технологических пробах на изгиб может быть	1) заданный угол загиба 2) появление первой трещины при загибе на заданный угол 3) возможность загиба пластины до параллельности сторон 4) возможность загиба до разрушения (Эталон: 1, 2, 3)
7	Одним из недостатков бесконтактных методов измерения электрической проводимости является	1) необходимость расчетов 2) необходимость градуировки 3) необходимость подгонки 4) необходимость подборки (Эталон: 2)
8	В качестве единицы твердости по Роквеллу принимают безразмерную величину, соответствующую осевому перемещению индентора на ____ мкм	1) 0.5 2) 1 3) 2 4) 5 (Эталон: 3)

9	При каких условиях эксперимента внутреннее трение максимально?	1) $\omega\tau=0$ 2) $\omega\tau=1$ 3) $\omega\tau=10$ 4) $\omega\tau=100$ (Эталон: 2)
10	К высокодемпфирующим материалам относят материалы, имеющие демпфирующую способность ψ больше	1) 0,1 % 2) 1 % 3) 10 % 4) 100 %. (Эталон: 3)

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

№	Вопрос	Варианты ответа
1	При определении удельного электрического сопротивления полупроводников четырехзондовым методом используют уравнение	1) $\rho = (U \cdot I)2\pi s$ 2) $\rho = (U \cdot I)$ 3) $\rho = (U/I)2\pi s$ 4) $\rho = (U/I)2\pi$ (Эталон: 3)
2	При определении удельного электрического сопротивления четырехзондовым методом в тонких пленках используют уравнение	1) $\rho = (U \cdot I)2\pi d$ 2) $\rho = (U \cdot I)4,53d$ 3) $\rho = (U/I)4,53d$ 4) $\rho = (U/I)2\pi d$ (Эталон: 3)
3	При определении удельного электрического сопротивления двухзондовым методом в полупроводниках используют уравнение	1) $\rho = (U \cdot I)2\pi l$ 2) $\rho = (U \cdot I)4,53l$ 3) $\rho = (U/I)4,53l$ 4) $\rho = (US/\Pi)$ (Эталон: 4)
4	Напряжение растяжения, при котором остаточное удлинение составляет 0,05 %, называют	1) пределом пропорциональности 2) пределом упругости 3) пределом текучести 4) пределом прочности (Эталон: 2)

5	Напряжение растяжения, при котором остаточное удлинение составляет 0,2 %, называют	1) пределом пропорциональности 2) пределом упругости 3) пределом текучести 4) пределом прочности (Эталон: 3)
6	Напряжение растяжения, соответствующее максимальной нагрузке на кривой растяжения, называют	1) пределом пропорциональности 2) пределом упругости 3) пределом текучести 4) пределом прочности (Эталон: 4)
7	Относительное укорочение при испытании на сжатие определяют как	1) $\varepsilon = [(h_0 - h)/h]100\%$ 2) $\varepsilon = [(h_0 + h)/h_0]100\%$ 3) $\varepsilon = [(h_0 - h)/h_0]100\%$ 4) $\varepsilon = [(h_0 + h)/h]100\%$ (Эталон: 3)
8	Твердость по Виккерсу определяют по формуле	1) $PV = P/d^2$ 2) $PV = 1,854P/d^3$ 3) $PV = 1,854P/d^2$ 4) $PV = 1,854P/d$ (Эталон: 3)
9	Приведите температурную зависимость времени релаксации	1) $\tau = \tau_0 \exp(-H/2kT)$, 2) $\tau = \tau_0 \exp(H/2kT)$, 3) $\tau = \tau_0 \exp(-H/kT)$, 4) $\tau = \tau_0 \exp(H/kT)$, (Эталон: 4)
10	Демпфирующую способность материала определяют по уравнению	1) $\psi = [1 - \exp(2\pi Q^{-1})] \cdot 100 \%$. 2) $\psi = [1 - \exp(-2\pi Q^{-1})] \cdot 100 \%$. 3) $\psi = [1 - \exp(\pi Q^{-1})] \cdot 100 \%$. 4) $\psi = [1 - \exp(-\pi Q^{-1})] \cdot 100 \%$. (Эталон: 2)

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Задачи курса "Экспериментальные методы исследований". Основные параметры.
2. Подготовка образцов к измерениям. Методы изготовления образцов заданной геометрии. Методы получения омических

контактов.

3. Четырехзондовый метод измерения удельного электрического сопротивления на постоянном токе.
4. Четырехзондовый метод измерения удельного электрического сопротивления на переменном токе.
5. Двухзондовый метод измерения удельного электрического сопротивления.
6. Однозондовый метод измерения удельного электрического сопротивления.
7. Бесконтактные методы измерения удельного электрического сопротивления.
8. Определение параметров полупроводников по температурной зависимости электрического сопротивления.
9. Эффект Холла и другие гальваномагнитные эффекты.
10. Измерение эффекта Холла методом постоянного магнитного поля и постоянного тока.
11. Измерение эффекта Холла методом переменного магнитного поля или переменного тока.
12. Измерение эффекта Холла методом переменного магнитного поля и переменного тока
13. Измерение тока Холла.
14. Определение концентраций донорных и акцепторных примесей по измерению эффекта Холла.
15. Измерение дрейфовой подвижности.
16. Определение коэффициента диффузии и диффузионной длины неосновных носителей методом подвижного светового зонда.
17. Определение времени жизни неосновных носителей методом модуляции проводимости точечным контактом.
18. Определение времени жизни неосновных носителей методом затухания фотопроводимости.
19. Фазовый и частотный методы измерения времени жизни неосновных носителей.
20. Измерение стационарной фотопроводимости.
21. Экспериментальные методы измерения оптических свойств.
22. Определение основных параметров полупроводников из спектров поглощения и отражения.
23. Основные параметры магнитных материалов.
24. Методы измерения магнитной восприимчивости.
25. Магнитометрический метод измерения магнитных параметров.
26. Метод амперметра и вольтметра и потенциометрический метод для измерения магнитных параметров.
27. Мостовой и резонансный методы измерения магнитных параметров.
28. Методы измерения магнитострикции.
29. Методы наблюдения доменной структуры ферромагнетиков.

30. Классификация механических испытаний.
 1. Методы определения упругих свойств.
 2. Измерение твердости по Бринеллю.
 3. Измерение твердости по **Виккерсу**.
 4. Измерение твердости по Роквеллу.
 5. Измерение микротвердости.
 6. Методы измерения неупругих свойств (общие сведения о неупругости).
 7. Меры внутреннего, трения.
 8. Измерение упругих и неупругих свойств методом крутильного маятника.
 9. Измерение неупругих свойств в тонких пленках.
 10. Особенности измерения неупругих свойств в магнитострикционных ферромагнетиках.
 11. Импульсный метод измерения упругих и неупругих свойств.
 12. Определение энергии активации релаксационного процесса по результатам измерения внутреннего трения.
 13. Измерение коэффициента диффузии методом внутреннего трения.
 14. Испытания на растяжение.
 15. Испытание на сжатие.
 16. Испытания на изгиб.
 17. Испытания на кручение.
 18. Испытания на замедленное разрушение.
 19. Испытания на ударную вязкость.
 20. Испытания на усталость.
 21. Испытания на ползучесть.
 22. Испытания на длительную прочность.
 23. Испытания на релаксацию напряжений.
 24. Сканирующая туннельная микроскопия.
 25. Методы измерения плотности.
 26. Определение термического расширения.
 27. Методы измерения плотности.
 28. Определение теплопроводности.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Методы измерения электропроводности, термоэдс и эффекта Холла	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту....
2	Измерение параметров неравновесных носителей	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту....
3	Исследование механических свойств конструкционных	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту....

	материалов		
4	Методы измерения внутреннего трения	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту....
5	Методы измерения магнитных свойств	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту....
6	Методы измерения физических свойств	ПК-3, ПК-5	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1 Рекомендуемая литература				
№	Авторы,	Заглавие	Годы	Обеспеченн

п/п	составители		издания. Вид издания	ость
8.1.1. Основная литература				
8.1.1.1	Золотухин И.В., Калинин Ю.Е., Железный В.С., Гущин В.С.	Экспериментальные методы исследований. – Воронеж: ВГТУ, 2004. – 494 с.	2004 Печ.	1,0
8.1.1.2	С.И. Рембеза, Б.М. Синельни-ков, Е.С. Рембеза, Н.И.Каргин	Физические методы исследования материалов твердотельной электроники /. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2002. – 432 с.	2002 Печ.	1,0
8.1.1.3	Ю.Е. Калинин	Экспериментальные методы исследований: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. данные (15 Мб) / Ю.Е. Калинин. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ; Windows XP; Adobe Acrobat; 1024x768; CD-ROM ; мышь. – Загл. с экрана.	2015 Магн. Носит.	1,0
8.1.2. Дополнительная литература				

8.1.2.1	Головин Ю.И.	Основы нанотехнологий. – М.: Машиностроение, 2012. – 656 с.	2012 Печ.	0,1
8.1.2.2	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии. – Нижний Новгород: РАН, Институт физики	2004. Печ.	0,2
8.1.2.3	Головин Ю.И.	Наноиндетирование и его возможности. – М.: Машиностроение, 2009. – 312 с.	2009 Печ.	0,1
8.1.3 Методические разработки				
8.1.3.1	Калинин Ю.Е. Янченко Л.И.	Экспериментальные методы исследования (Лабораторный практикум) (ВГТУ) – 2017 № госрегистрации 0321702086	2017 Электр.	1
8.1.3.2	Калинин Ю.Е.	Методические указания к выполнению курсовых работ по дисциплине «Экспериментальные методы исследований» для студентов направления 16.03.01 «Техническая физика» (профиль «Физическая электроника») очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост.	2015 Электр.	1

		Ю.Е. Калинин. Воронеж, 2015. 21 с		
8.1.3.3	Калинин Ю.Е.	Методические указания к практическим занятиям по курсу «Экспериментальные методы исследований» для студентов направления 16.03.01 «Техническая физика» (профиль «Физическая электроника») очной формы обучения	2015 магн. носитель	1

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer, СтройКонсультант (<http://www.stroykonsultant.com.>).

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима лекционная лаборатория, оснащенная для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

При выполнении практических и лабораторных работ используются учебные лаборатории «Физического материаловедения», «Физические свойства твердых тел» и Дисплейный класс.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Экспериментальные методы исследований» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы,

не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на закрепление теоретического материала путем проведения семинарских занятий по основным темам теоретического курса. Занятия проводятся путем семинарских занятий в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций,

	олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.