

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета радиотехники и электроники  
/В.А. Небольсин/  
И.О. Фамилия  
30 августа 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины  
«Экспериментальные методы исследований»

Направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия

код и наименование направления подготовки

Направленность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

название направленности/программы

Квалификация выпускника Исследователь, Преподаватель-исследователь

Нормативный период обучения 4 года

Очная/заочная (при наличии)

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2021 г.

Автор(ы) программы \_\_\_\_\_ Ю.Е. Калинин

должность и подпись

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

наименование кафедры, реализующей дисциплину

подпись

Ю.Е. Калинин

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_

подпись

Ю.Е. Калинин

Воронеж 2021

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1 Цели дисциплины

Формирование у выпускников 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.

## 1.2 Задачи освоения дисциплины

Задачи изучения дисциплины состоят в усвоении физических принципов наиболее распространенных экспериментальных методов изучения физических свойств твердых тел, в освоении теории методов, границ применимости, оценки точности измерений, а также критической оценки и возможностей каждого метода.

# 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Экспериментальные методы исследований» относится к дисциплинам вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б.1 учебного плана.

# 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

ПК-4 - способностью самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств;

ПК-5 - способностью к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	знать роль эксперимента в физике конденсированного состояния; классификацию экспериментальных методов исследования;
	уметь самостоятельно выбрать и обосновать адекватный план исследовательского эксперимента;
	владеть навыками организации экспериментальных исследований различных объектов физики конденсированного состояния;
ПК-5	знать 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 физики конденсированного состояния.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Экспериментальные методы исследований» составляет 4 зачетных(е) единиц(ы).

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36	36
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	108	108
Реферат (есть, нет)	-	-
Вид промежуточной аттестации (зачет с оценкой)	+	+
Общая трудоемкость	час	144
	зач. ед.	4

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Все го, час
1	Рентгенография и электронная микроскопия	<p><b>Рентгеновская дифракция</b> Уравнения Лауэ. Методы выведения узлов обратной решетки на сферу отражения. Атомная функция рассеяния, структурный фактор. Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Расчет лауэграмм, дебаеграмм, рентгенограмм вращения. Определение напряжений первого и второго рода. Рентгенграфический анализ текстур. Нейтронография: Общие сведения о нейтронографии. Аппаратура. Упругое и неупругое когерентное рассеяние реальными кристаллами. Магнитное рассеяние. Экспериментальные возможности метода. Брэгговские отражения и их окрестности. Смещение отражений. Уширение отражений. Диффузное рассеяние вблизи брэгговских отражений. Исследование ближнего порядка и фазовых превращений. Малоугловое рассеяние. Исследование дефектов кристаллической решетки.</p> <p><b>Электроннография и электронная микроскопия</b> Просвечивающая электронная микроскопия (основные сведения). Устройство электронного микроскопа. Упругое рассеяние и дифракция быстрых электронов. Электронограммы. Дифракционный контраст электронномикроскопического изображения. Амплитудный контраст. Фазовый контраст. Периодические изображения кристаллической решетки. Теория дифракционного контраста (кинематическая и динамическая</p>	6	-	-	18	24

		теории). Контраст изображения на несовершенных кристаллах. Светлопольный и темнопольный анализ					
2	Методы зондовой микроскопии и электронной спектроскопии	<p><b>Методы сканирующей зондовой микроскопии</b></p> <p>Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующие элементы зондовых микроскопов. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Защита зондовых микроскопов от внешних воздействий. Формирование и обработка изображений в сканирующих зондовых микроскопах. Типы зондовых микроскопов. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Электросиловая микроскопия. Магнитно-силовая микроскопия. Ближнепольная оптическая микроскопия. Другие виды сканирующих зондовых микроскопов.</p> <p><b>Методы электронной спектроскопии</b></p> <p>Неупругое рассеяние электронов и поверхностная чувствительность. Электронные спектрометры. Распределение электронов по энергии в методах электронной спектроскопии. Методы электронной спектроскопии: спектроскопия основных уровней атомов. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС). Спектроскопия потенциала появления (СПП). Спектроскопия ионизационных потерь (СИП).</p>	6	-	-	18	24
3	Механические методы испытаний и измерения неупругих свойств	<p><b>Механические методы испытаний</b></p> <p>Классификация и особенности механических испытаний. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб и кручение. Испытания на усталость и жаропрочность. Методы измерения твердости. Динамические методы испытаний. Испытания на замедленное</p>	6	-	-	18	24

		<p>разрушение и релаксацию напряжений. Измерение микротвердости. Наноиндентирование и его возможности. Основные параметры, определяемые из результатов наноиндетирования.</p> <p><b>Методы измерения внутреннего трения</b></p> <p>Понятие неупругости. Основные методы измерения внутреннего трения. Методы расчета энергии активации и времени релаксации. Определение параметров твердых тел из результатов экспериментальных исследований. Феноменологическое описание релаксационных процессов. Основные механизмы затухания механических затуханий.</p>					
4	Электрические и гальваномагнитные методы измерений	<p><b>Электрические методы измерений</b> Основные методы измерения электрических свойств металлов. Метод вольтметра-амперметра. Метод непосредственной оценки. Электронные омметры. Измерение электрической проводимости в полупроводниках и диэлектриках. Зондовые методы исследований. Высокочастотные методы измерения электрического сопротивления.</p> <p><b>Гальваномагнитные методы исследований.</b></p> <p>Основные методы измерения эффекта Холла. Измерение магнитосопротивления. Определение основных параметров твердых тел по результатам измерений электрической проводимости и эффекта Холла.</p>	6	-	-	18	24
5	Оптические, фотоэлектрические, магнитные и магнито-оптические методы исследований	<p><b>Оптические методы исследований.</b></p> <p>Основные характеристики спектральных приборов. Призменные и дифракционные спектральные приборы. Измерение спектров поглощения. Определение параметров твердых тел путем измерения оптических свойств.</p> <p><b>Фотоэлектрические методы исследований</b></p> <p>Измерение стационарной</p>	6	-	-	18	24

		<p>фотопроводимости. Определение параметров полупроводников методом затухания фотопроводимости. Фазовый и частотный методы измерения времени жизни. Интерферометр Фабри-Перо.</p> <p><b>Магнитные и магнитооптические методы исследований.</b></p> <p>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 параметров в переменных магнитных полях. Метод вольтметра и амперметра. Мостовые методы измерения магнитных характеристик. Измерение магнитной проницаемости и потерь на частотах 50 кГц-10 МГц. Основные методы измерения магнитострикции. Методы исследования доменной структуры.</p>					
6	Методы измерения теплофизических свойств твердых тел	<p><b>Методы измерения теплофизических свойств твердых тел</b></p> <p>Основные понятия и методы измерения теплопроводности, теплового расширения и теплоемкости. Прямые и относительные методы. Аппаратура для измерения теплофизических свойств твердых тел. Определение степени черноты (относительной излучательной способности). Исследование сублимации твердых тел.</p>	6	-	-	18	24
<b>Контроль</b>							
<b>Итого</b>			<b>36</b>			<b>108</b>	<b>144</b>

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение реферата.

## **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».

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Аттестован</b>	<b>Не аттестован</b>
ПК-4	знать роль эксперимента в физике конденсированного состояния; классификацию экспериментальных методов исследования;	Активная работа на лекциях, отвечает на теоретические вопросы при кратком опросе перед лекцией	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь самостоятельно выбрать и обосновать адекватный план исследовательского эксперимента;	Активная работа на лекциях, отвечает на теоретические вопросы при кратком опросе перед лекцией	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками организации экспериментальных исследований различных объектов физики конденсированного состояния;	Активная работа на лекциях, отвечает на теоретические вопросы при кратком опросе перед лекцией	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	знать сведения об основных типах стандартных измерительных приборов, устройств и информационно-	Активная работа на лекциях, отвечает на теоретические вопросы при кратком опросе перед лекцией	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	измерительных комплексах;			
	уметь самостоятельно освоить современную физическую аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней;	Активная работа на лекциях, отвечает на теоретические вопросы при кратком опросе перед лекцией задач	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, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств физики конденсированного состояния.	Активная работа на лекциях, отвечает на теоретические вопросы при кратком опросе перед лекцией	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 4 семестре для очной формы обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
-------------	---	---------------------	---------	--------	-------	---------

ПК-4	знать роль эксперимента в физике конденсированного состояния; классификацию экспериментальных методов исследования;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь самостоятельно выбрать и обосновать адекватный план исследовательского эксперимента;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками организации экспериментальных исследований различных объектов физики конденсированного состояния;	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-5	знать сведения об основных типах стандартных измерительных приборов, устройств и информационно-измерительных комплексах;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь самостоятельно освоить современную физическую аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью выбрать и применить современные методы	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	исследования физико-технических объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств физики конденсированного состояния.			всех задачах		
--	---	--	--	--------------	--	--

## 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

1.	Пропорциональность механических напряжений и механических деформаций анизотропной среды устанавливает закон _____.	1) Ампера; 2) Гука; 3) Фарадея; 4) Максвелла (Эталон 2)
2	Внутреннее трение характеризует _____ рассеяние энергии упругих колебаний в материале	1) циклическое 2) обратимое 3) необратимое 4) периодическое (Эталон: 3)
3	Релаксация напряжений связана с переходом деформации	а) упругой в пластическую; б) упругой в остаточную; в) пластической в упругую г) остаточной в пластическую. (эталон 1)
4	Какой порядок составляет длина волны рентгеновского излучения, генерируемого в рентгеновской трубке дифрактометра?	1) $10^{-10}$ м 2) $10^{-9}$ м 3) $10^{-8}$ м 4) $10^{-7}$ м (эталон 1)
5	Какие электроны имеют минимальную энергию?	1) вторичные 2) упруго рассеянные отраженные 3) неупруго рассеянные отраженные

		4) электроны первичного пучка (эталон 1)
6	Перечислите современные оптические приборы	1) дифрактометры 2) спектрографы 3) спектрометры 4) спектрофотометры (Эталон: 2, 3, 4)
7	Для повышения чувствительности двухзондового метода измерения электрического сопротивления полупроводников расстояние между зондами	1) уменьшают 2) увеличивают 3) не изменяют 4) закорачивают (Эталон: 2)
8	Назовите параметры, характеризующие пластичность материала при испытании на растяжение.	1) предел текучести 2) относительное сужение 3) относительное уширение 4) относительное удлинение (Эталон: 2, 4)
9	Какие из перечисленных методов исследований можно использовать для измерения магнитных параметров?	1) магнитометрический; 2) электродинамический; 3) резонансный; 4) амперметра-вольтметра. (Эталон 1, 3, 4)
10	Какие из перечисленных методов исследований можно использовать для измерения магнитострикции?	1) тензометрический; 2) магнитометрический; 3) магнитооптический; 4) емкостной. (Эталон 1, 4)

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Отношение электрического напряжения к току – это :	1) проводимость 2) емкость 3) сопротивление 4) индуктивность (Эталон: 3)

2	Для повышения чувствительности двухзондового метода измерения электрического сопротивления полупроводников расстояние между зондами	1) уменьшают 2) увеличивают 3) не изменяют 4) закорачивают (Эталон: 2)
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 $\psi$ 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	Ударную вязкость рассчитывают по формуле	а) $KC=K \cdot F_0$ ; б) $KC=mg(H-h)/F_0$ ; в) $KC= mg(H-h)F_0$ ; г) $KC=K/F_0$ . (эталон 2,4)
5	По какой формуле можно рассчитать ширину запрещенной зоны по температурной зависимости проводимости?	1) $H = kT_1T_2 / (T_2 - T_1)$ 2) $H = 2k \Delta(\ln\sigma) / \Delta(1/T)$ , 3) $H = 2.62kT_1T_2 / (T_2 - T_1)$ , 4) $H = 1.62kT_1T_2 / (T_2 - T_1)$ , (Эталон: 2)

6	Магнитосопротивление определяют по формуле:	1) $\rho / \rho_0 = [R(H) / R(0)] \cdot 100\%$ ; 2) $\Delta\rho / \rho = [R(H) - R(0) / R(0)] \cdot 100\%$ 3) $\Delta\rho / \rho = [R(H) - R(0) / R(H)] \cdot 100\%$ 4) $\Delta\rho / \rho = [R(H) - R(0) / R(H)] \cdot 100\%$ (Эталон 2)
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

1. Уравнения Лауэ в рентгенографии. Методы выведения узлов обратной решетки на сферу отражения.

2. Расчет лауэграмм, дебаеграмм, рентгенограмм вращения. Определение напряжений первого и второго рода. Рентгенграфический анализ текстур.

3. Упругое рассеяние и дифракция быстрых электронов. Электронограммы.

4. Теория дифракционного контраста в электронной микроскопии. Амплитудный контраст. Фазовый контраст. Периодические изображения кристаллической решетки.

5. Электронные спектрометры. Распределение электронов по энергии в методах электронной спектроскопии. Методы электронной спектроскопии: спектроскопия основных уровней атомов.

6. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС).

7. Электронная оже-спектроскопия (ЭОС).

8. Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС).

9. Общие сведения о нейтронографии. Аппаратура. Упругое и неупругое когерентное рассеяние реальными кристаллами. Магнитное рассеяние. Экспериментальные возможности метода.

10. Брэгговские отражения и их окрестности. Смещение отражений. Уширение отражений. Диффузное рассеяние вблизи брэгговских отражений. Исследование ближнего порядка и фазовых превращений. Малоугловое рассеяние. Исследование дефектов кристаллической решетки.

11. Основные методы измерения теплопроводности.

12. Основные методы измерения теплового расширения.

13. Основные методы измерения теплоемкости.

14. Сканирующая туннельная микроскопия.

15. Атомно-силовая микроскопия.

16. Электросиловая микроскопия.

17. Магнитно-силовая микроскопия.

18. Ближнепольная оптическая микроскопия.

19. Методы измерения электрических свойств.

20. Методы измерения гальваномагнитных свойств.

21. Методы измерения магнитных свойств.

22. Оптические методы исследований.

23. Магнитооптические методы исследований.

24. Фотоэлектрические методы исследований.

25. Методы исследования механических свойств.

26. Методы измерения неупругих свойств.

### **7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену\*\***

«Не предусмотрено учебным планом».

### **7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит не менее 20 тестов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Рентгенография и электронная микроскопия	ПК-4, ПК-5	Тест, зачет
2	Методы зондовой микроскопии и электронной спектроскопии	ПК-4, ПК-5	Тест, зачет
3	Механические методы испытаний и измерения неупругих свойств	ПК-4, ПК-5	Тест, зачет
4	Электрические и гальваномагнитные методы измерений	ПК-4, ПК-5	Тест, зачет
5	Оптические, фото-электрические, магнитные и магнито-оптические методы исследований	ПК-4, ПК-5	Тест, зачет
6	Методы измерения теплофизических свойств твердых тел	ПК-4, ПК-5	Тест, зачет

### 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 методике 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 методике 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 методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **а) основная литература**

1. Физическое металловедение / Под ред. Кана Р.У., Хаазена П. – В 3-х. томах. Т.1. Атомное строение металлов и сплавов: Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1987. 640 с.

2. Вудраф Д., Делчар Т. Современные методы исследования поверхности. М.: Мир, 1989. – 564 с.

3. И.В. Золотухин, Ю.Е. Калинин, В.С. Железный, В.С. Гушин. Экспериментальные методы исследований: Учеб. пособие./ Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2004.- 494 с.

4. В.М. Иевлев, С.Б. Куцев. Просвечивающая электронная микроскопия неорганических материалов. Учебное пособие./ Воронеж, : Воронеж. гос. техн. ун-т, 2003.-163 с.

5. Калинин Ю.Е. Экспериментальные методы исследований: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. данные (15 Мб) / Ю.Е. Калинин. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015.

#### **б) дополнительная литература**

1. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. – 568 с.

2. Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию. – М.: Наука, 1979. – 478 с.

3. Головин Ю.И. Наноиндентирование и его возможности. – М.: Машиностроение, 2009. – 312 с.

### **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), 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 аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Экспериментальные методы исследований» читаются лекции.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Контроль усвоения материала дисциплины производится путем зачета с оценкой.

Вид учебных занятий	Деятельность аспиранта
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.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul>
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.