

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 29.06.2026 10:21:58  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a878808522525



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 1	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
Физические свойства твердых тел**

**Направление подготовки (специальность)  
03.03.02 Физика**

**Направленность (профиль)  
Физика**

**Присваиваемая квалификация  
Бакалавр**

**Форма обучения  
Очная**

**Год набора 2026**

**Челябинск 2026 г.**



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 2

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
  - 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
  - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
  - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
  - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 3	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.03.02 Физика  
Направленность (профиль): Физика  
Дисциплина: Физические свойства твердых тел  
Семестр: 8  
Форма промежуточной аттестации: зачет

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Физические свойства твердых тел» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции и согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
ПК-1	Способен применять специализированные знания, полученные в области физических наук, при проведении научно-исследовательских разработок	ПК-1.1. Обладает знаниями об основных методах проведения научно-исследовательских разработок в области физических наук; о способах планирования и организации исследований. ПК-1.2. Демонстрирует умения: проводить поиск, изучение и обобщение научного опыта в соответствующей области исследований; определять цели и задачи планируемых исследований и разработок; проводить исследование, составлять его описание, формулировать выводы по полученным результатам. ПК-1.3. Имеет практический опыт	Для достижения ПК-1.1: знать основные разделы физики и химии твердого тела Для достижения ПК-1.2: уметь использовать специализированные знания в области физики твердого тела Для достижения ПК-1.3: владеть терминологией в области физики и химии твердого тела; основами знаний физических свойств твердых тел, методами измерений свойств твердых тел.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 4	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

		(навыки) в области физических наук: проведения научных исследований в соответствии с поставленной целью; составления отчетов по теме и по результатам проведенных научно-исследовательских разработок.	
--	--	--	--



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 5

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации
1	Для достижения ПК-1.1: знать основные разделы физики и химии твердого тела Для достижения ПК-1.2: уметь использовать специализированные знания в области физики твердого тела Для достижения ПК-1.3: владеть терминологией в области физики и химии твердого тела; основами знаний физических свойств твердых тел, методами измерений свойств твердых тел.	<b>Введение в физику тепловых явлений.</b> Изучение зонной структуры кристаллов	Отчет о практическом занятии	Контрольная работа; вопросы к зачету
		<b>Электрические свойства твердых тел.</b> Поляризация диэлектриков в переменном электрическом поле	Отчет о практическом занятии	Вопросы к зачету
		<b>Электрофизическ ие свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.</b> Суперионная проводимость.	Отчет о практическом занятии	Контрольная работа; вопросы к зачету
		<b>Введение в физику тепловых явлений.</b> Изучение зонной структуры кристаллов	Отчет о практическом занятии	Контрольная работа; вопросы к зачету
		<b>Электрические свойства твердых тел.</b> Поляризация диэлектриков в переменном электрическом поле	Отчет о практическом занятии	Вопросы к зачету



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 6	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

		<b>Электрофизические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.</b> Суперионная проводимость.	Отчет о практическом занятии	Контрольная работа; вопросы к зачету
		<b>Введение в физику тепловых явлений.</b> Изучение зонной структуры кристаллов	Отчет о практическом занятии	Контрольная работа; вопросы к зачету
		<b>Электрические свойства твердых тел.</b> Поляризация диэлектриков в переменном электрическом поле	Отчет о практическом занятии	Вопросы к зачету
		<b>Электрофизические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.</b> Суперионная проводимость.	Отчет о практическом занятии	Контрольная работа; вопросы к зачету



### 3.2 Содержание оценочных средств

**Пример вопросов к контрольной работе** (раздел Введение в физику тепловых явлений: Изучение зонной структуры кристаллов)

1. Почему образуются энергетические зоны в кристаллах?
2. В чем заключается суть адиабатического приближения (приближения Борна-Оппенгеймера)?
3. Чем отличаются энергетические состояния электронов в изолированном атоме и кристалле. Что такое запрещенные и разрешенные энергетические зоны?
4. Какими уравнениями можно описать состояние электрона в кристалле?
5. Когда по зонной теории твердое тело является проводником электрического тока?
6. В чем заключается различие между полупроводниками и диэлектриками; металлами и диэлектриками?
7. Как экспериментально можно, используя спектроколориметрические методы, определить ширину запрещенной зоны?

**Пример практического задания** (раздел Введение в физику тепловых явлений: Изучение зонной структуры кристаллов):

1. Ознакомиться с порядком работы на приборе– спектрофотометре «Color – Eye».
2. Получить спектр поглощения исследуемого образца.
3. Определить по экспериментальному спектру ширину запрещенной зоны. Для этого построить дифференциальный график, т. е. зависимость  $dK/d\lambda$  от  $\lambda$ , и определить длину волны, при которой происходит наибольшее изменение  $K$ . Сопоставить значение энергии запрещенной зоны, теоретически рассчитанной с табличным значением и определить класс твердых тел для исследуемого вещества.
4. Оценить погрешности измерения  $R$  и определения величины  $\Delta E$ .
5. Сформировать отчет о работе.

**Пример практического задания** (раздел Электрические свойства твердых тел. Поляризация диэлектриков в переменном электрическом поле):

1. Ознакомиться с порядком работы моста переменного тока.
2. Произвести измерения  $C$  и  $\operatorname{tg}\delta$  путем уравнивания моста вращением рукояток переключателей верхнего и нижнего рядов и постепенно, увеличивая чувствительность нуль-индикатора до 30 В.
3. Произвести отсчет показаний емкости на шкалах переключателей верхнего ряда и  $\operatorname{tg}\delta$  на шкале нижнего ряда и занесите в таблицу.
4. Включить блок питания нагревательного элемента и установить напряжение на нагревательном элементе последовательно: до  $70^{\circ}\text{C} - 20\text{В}$ , а выше 25В.
5. Провести измерения  $C$  и  $\operatorname{tg}\delta$  в интервале температур 20-140 $^{\circ}\text{C}$  с шагом 5 $^{\circ}\text{C}$ . Оценить ошибку измерений.
6. Построить графики зависимости  $\varepsilon'$ ,  $\operatorname{tg}\delta$  и  $\varepsilon''$  от температуры. По графику  $\varepsilon''=f(T)$  определить величину  $\tau$  и  $T_{\max}$ , а по графику  $\operatorname{tg}\delta=f(T)$  время релаксации при



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 8

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

характеристической температуре. Определить максимальную величину  $\operatorname{tg} \delta$ .

7. Определить, какова природа процессов релаксации в исследуемом диэлектрике.

Сформировать отчет о работе.

**Пример вопросов к контрольной работе** (раздел Электрофизические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Суперионная проводимость):

1. Какие частицы являются основными носителями электрического заряда в твердом теле?
2. Каково необходимое условие подвижности (мобильности) ионов в твердом теле?
3. Назовите основные классы твердых электролитов? Поясните особенности каждого типа твердых электролитов.
4. Какими величинами характеризуются транспортные свойства ионных проводников?
5. Какой физический смысл имеет энергия активации проводимости?
6. В чем заключается метод измерения ионной проводимости твердых электролитов?
7. Как экспериментально можно определить энергию активации проводимости?

**Пример практического задания** (раздел Электрофизические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Суперионная проводимость):

1. Ознакомиться с устройством установки для измерения электросопротивления методом моста переменного тока (измеритель RCL P5030).
2. Измерить величину электросопротивления образца в температурном интервале 30 – 110 °С при двух частотах (0,1 и 1,0 кГц, соответственно).
3. Рассчитать величину удельной электрической проводимости и построить график зависимости вида:  $\ln \sigma_{\text{уд}} T = f\left(\frac{1}{T}\right)$ . Обработку экспериментальных данных проводить с помощью метода наименьших квадратов.
4. Вычислить энергию активации проводимости.
5. Сформировать отчет о работе.

Вопросы к зачету

1. Электронно-деформационная поляризация. Формула Лоренц-Лоренца и Клаузиуса-Моссоти. Молярная рефракция.
2. Структура магнитных материалов с повышенной коэрцитивной силой и большой плотностью записи информации при перемещении намагничивающего поля.
3. Поляризация ионного смещения. Формула Борна.
4. Магнитотвердые ферриты. Химический состав, кристаллическая структура, способы их получения. Магнитные и электрические свойства.
5. Температурная зависимость поляризуемости полярных диэлектриков. Формула Ланжевена-Дебая.
6. Физические условия высококоэрцитивного состояния. Магнитотвердые металлические сплавы. Кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 9

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

7. Ионно-релаксационная поляризация. Миграционная ионная поляризация.
8. Структура магнитоэлектриков. Способ получения. Магнитные свойства в постоянных и переменных полях.
9. Микроструктура диэлектрической постоянной в поле световой волны. Резонансные эффекты. Нормальная и аномальная дисперсия света.
10. Химический состав, кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства высокочастотных ферритов.
11. Переходные процессы при включении и выключении постоянного поля.
12. Магнитные материалы с прямоугольной петлей гистерезиса и большой скоростью перемагничивания. Термическая обработка ферритов. Тонкие магнитные пленки.
13. Поляризация в синусоидальном поляризующем поле. Активная и реактивная поляризация.
14. Магнитомягкие ферриты. Химический состав. Кристаллическая структура. Самопроизвольная намагниченность. Магнитные и электрические свойства.
15. Диэлектрические потери в диэлектриках с релаксационной поляризацией и сквозной проводимостью.
16. Кристаллическая структура электротехнической стали. Пластическая деформация. Термическая обработка. Магнитные и электрические свойства.
17. Тангенс угла диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Диаграмма Коула-Коула.
18. Электротехнические стали. Железо-кремнистая сталь. Основной химический состав сплавов и состав по примесям.
19. Частотная и температурная зависимость диэлектрических параметров. Соотношения Дебая.
20. Железо, железокобальтовые сплавы. Химический состав. Кристаллическая структура. Магнитные и электрические свойства. Перспективы повышения качества.
21. Поликристаллические диэлектрики. Роль барьеров в определении диэлектрических характеристик. Параллельные и последовательные схемы замещения.
22. Магнитный гистерезис. Характеристики технической кривой намагничивания. Определение констант магнитной анизотропии.
23. Схемы замещения многослойных диэлектриков. Модель зерен и прослоек. Обобщенная барьерная модель.
24. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм. Кривые намагничивания.
25. Структура полимеров. Механические и электрические свойства диэлектрических пластмасс.
26. Узкополосные полупроводниковые материалы. Оксидные полупроводники, способы их получения.
27. Высокотемпературные фарфоры. Высокочастотная изоляционная керамика.
28. Халькогениды, селениды, теллуриды свинца, меди, серебра. Сложные соединения.
29. Феноменологический подход к объяснению электретного эффекта. Образование гетерозаряда и гомозаряда.
30. Зонная структура кремния и германия. Электрофизические свойства соединений типа A2B5 на основе индия, гадолиния, алюминия, сурьмы, арсенида, фосфора.
31. Электрострикция и пьезоэффект в сегнетоэлектриках. Электрооптический эффект.
32. Зонная структура полупроводниковых материалов. Равновесная концентрация



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 10	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

электронов и дырок в полупроводниках, содержащих доноры и акцепторы. Получение полупроводниковых материалов.

33. Пьезоэлектрический эффект. Тензоры поляризации. Получение матрицы пьезомодулей кристаллов.

34. Протонные проводники. Механизмы протонного транспорта в кристаллах.

35. Кварц как пьезоэлектрик. Способы его получения. Применение пьезоэлектриков в радиоэлектронике.

36. Суперионная проводимость кристаллов. Строение и свойства проводников второго рода.

37. Доменная структура и гистерезисные явления сегнетоэлектриков.

38. Оценка образования дефектов. Закон случайных блужданий и диффузия в кристаллах. Законы Фика. Уравнение Нернста-Эйнштейна.

39. Термодинамический подход к объяснению сегнетоэлектрического состояния. Динамическая теория сегнетоэлектриков.

40. Определение подвижности носителей заряда в диэлектриках. Микроструктура удельной ионной электропроводности диэлектриков.

41. Антисегнетоэлектрики. Основные физические свойства сегнетоэлектриков.

42. Термодеполяризация. Способы получения электретов. Применение электретов в технике.

43. Способы получения сегнетоэлектриков. Титанат бария как сегнетоэлектрик. Применение сегнетоэлектриков.

44. Точечные дефекты. Расчет концентрации дефектов по Френкелю и Шоттке.

## 4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

### 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится на практических занятиях в виде ответов на контрольные вопросы, а также в виде отчетов по темам практических занятий, которые сдает студент в течение семестра. Отчет подразумевает обработку экспериментальных данных с использованием современного оборудования. Итоговая аттестация качества усвоения знаний завершается зачетом, на котором у студентов проверяется усвоение теоретических знаний. «Зачтено» по дисциплине «Физические свойства твердых тел» получают студенты, полностью выполнившие учебный план дисциплины.

### 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

Характеристики ответа	Зачтено, не зачтено	Уровень освоения проверяемых компетенций
Твердое знание учебно-программного материала, грамотное его изложение, знание	Зачтено	высокий



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 11	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

материала.		
Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его. При ответе на дополнительные вопросы допускает негрубые ошибки.	Зачтено	средний
Не уверенно и с ошибками отвечает на вопросы учебно-программного материала.	Зачтено	базовый
Не ответил на вопросы учебно-программного материала, включающие в себя знание основных понятий и соотношений.	Не зачтено	недостаточный

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

#### 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Уровни сформированной компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке – «зачтено»: предполагает формирование компетенций на высоком уровне: студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Физические свойства твердых тел», что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для выполнения конкретных практических заданий.
2. Средний уровень соответствует оценке – «зачтено»: предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела теоретической физики «Физические свойства твердых тел»; сформировано умение применять полученную теоретическую базу для выполнения конкретных практических заданий.
3. Базовый уровень соответствует оценке – «зачтено»: предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент владеет основной терминологией и понятийным аппаратом учебно-программного материала, но у студента недостаточно сформировано умение применять полученную теоретическую базу для выполнения конкретных практических заданий.
4. Низкий уровень соответствует оценке – «не зачтено»: студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Физические свойства твердых тел».

