



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
/ Н.М. Буднев
«20» марта 2026 г.



Рабочая программа дисциплины (модуля)

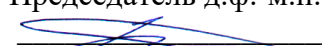
Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.04 Введение в физику конденсированного состояния

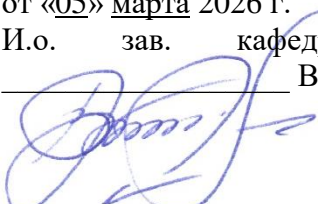
Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки Экспериментальная физика

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК
физического факультета
Протокол № 53 от «17» марта 2026 г.
Председатель д.ф.-м.н., профессор
 Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
Протокол № 7
от «05» марта 2026 г.
И.о. зав. кафедрой д.ф.-м.н.
 В.П. Дресвянский

Иркутск 2026 г.

Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ):	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	5
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3. Содержание учебного материала.....	9
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	11
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	11
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	11
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	12
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	12
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) 13	
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:.....	13
6.2. Программное обеспечение:	13
6.3. Технические и электронные средства:	13
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	13
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	14

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ):

Цели:

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС ВО по направлению 03.03.02 «Физика» и предназначена для обеспечения дисциплины «Введение в физику конденсированного состояния», изучаемой студентами в течение пятого семестра.

Основная цель этой дисциплины - дать студентам знания о формировании, строении и свойствах конденсированных сред, а также о механизмах протекающих в них явлений при различных физических воздействиях.

Задачи:

- обучить студентов основным разделам физики конденсированного состояния;
- обеспечить овладение фундаментальными понятиями, законами и их следствиями, применяемыми в физике конденсированного состояния;
- обеспечить овладение основными теоретическими и экспериментальными методами исследований, применяемыми в физике конденсированного состояния;
- выработать у студентов навыков самостоятельной учебной работы, развить у них интерес к дальнейшей познавательной деятельности.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина (модуль) *«Введение в физику конденсированного состояния»* относится к вариативной части программы.

Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- *Механика;*
- *Молекулярная физика;*
- *Электричество и магнетизм;*
- *Колебания и волны. Оптика;*
- *Атомная физика;*
- *Математический анализ;*
- *Аналитическая геометрия;*
- *Линейная алгебра;*
- *Векторный и тензорный анализ;*
- *Дифференциальные уравнения;*
- *Интегральные уравнения и вариационное исчисление;*
- *Теория функции комплексного переменного;*
- *Теоретическая механика;*
- *Квантовая механика.*

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- *Физика конденсированного состояния;*
- *Основы кристаллофизики;*
- *Физика диэлектриков;*
- *Дифракционные методы исследования вещества;*
- *Физика магнитных явлений;*
- *Атомная и молекулярная спектроскопия;*
- *Физика рентгеновского излучения;*

- Лазерная физика;
- Лазерная спектроскопия.

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности) 03.03.02 Физика:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Результаты обучения
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики конденсированного состояния для освоения профильных физических дисциплин	<p>Знать: Математический аппарат, позволяющий решать задачи прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния.</p> <p>Уметь: Определять методы и подходы для решения задач прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния.</p> <p>Владеть: Навыками решения задач в области физики конденсированного состояния в рамках исследовательской деятельности.</p>
	<p>Знать: Математический аппарат, позволяющий решать профильные задачи прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния.</p> <p>Уметь: Определять методы и подходы для решения профильных задач прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния.</p> <p>Владеть: Навыками решения профильных задач в области физики конденсированного состояния в рамках исследовательской деятельности.</p>

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, в том числе 59 часов контактной работы.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 24 часа.

Из них 52 часа – практическая подготовка.

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

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

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Элементы, соединения, вещества, материалы. Диаграмма состояния. Твердое тело, жидкость, газ	5	4	4	2	-		2	Экспресс-опрос
2	Симметрия и структура твердых тел	5	7	5	3	2		2	Экспресс-опрос. Собеседование

3	Дифракционные методы исследования структуры твердых тел	5	6	4	3	1		2	Экспресс-опрос. Собеседование	
4	Энергия связи (когезии) веществ с различным типом химической связи	5	7	5	3	2		2	Экспресс-опрос. Собеседование	
5	Фононы и колебания решетки	5	8	5	3	2		2	Экспресс-опрос. Собеседование	
6	Тепловые свойства твердых тел	5	8	5	3	2		2	Экспресс-опрос. Собеседование	
7	Свободный электронный газ	5	8	5	3	2		2	Экспресс-опрос. Собеседование	
8	Энергетические зоны	5	8	5	3	2		2	Экспресс-опрос. Собеседование	
9	Диэлектрики	5	7	4	3	1		2	Экспресс-опрос. Собеседование	
10	Полупроводниковые кристаллы	5	8	5	3	2		2	Экспресс-опрос. Собеседование	
11	Магнитные свойства твердых тел	5	6	2	2	-		3	Экспресс-опрос. Собеседование	
12	Сверхпроводимость	5	6	3	3	-		2	Экспресс-опрос. Собеседование	
зачёт			1							
Итого часов			108	52	34	16		1	49	8

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
1	Элементы, соединения, вещества, материалы. Диаграмма состояния. Твердое тело	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1, 2]

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Симметрия и структура твердых тел	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1-14]
3	Дифракционные методы исследования структуры твердых тел	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1-14]
4	Энергия связи (когезии) веществ с различным типом химической связи	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1-14]
5	Фононы и колебания решетки	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1-14]
6	Тепловые свойства твердых тел	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1-14]
7	Свободный электронный газ	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1-14]
8	Энергетические зоны	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1-14]
9	Диэлектрики	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1-14]
10	Полупроводниковые кристаллы	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1-14]
11	Магнитные свойства твердых тел	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	3	Экспресс-опрос	[1-14]

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
12	Сверхпроводимость	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	2	Экспресс-опрос	[1-14]
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				49		
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)				24		

4.3. Содержание учебного материала

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание тем раздела дисциплины
1.	Вводное занятие: Элементы, соединения, вещества, материалы. Диаграмма состояния. Твердое тело	Предмет физики твердого тела. Определение твердого тела. Роль вещества в твердом состоянии в природе и в техническом прогрессе. Элементы, соединения, вещества, материалы. Диаграмма состояния однокомпонентной системы.
2.	Симметрия и структура твердых тел	Структурные характеристики вещества в конденсированном состоянии. Кристаллы, полимеры, аморфные среды, жидкости, жидкие кристаллы. Кристаллическая система координат. Вектор трансляции. Элементарная трансляция. Кристаллическая решётка. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка. Базис. Кристаллическая структура. Точечные элементы (операции) симметрии. Формула симметрии. Порядок осей симметрии для идеальных кристаллических многогранников. Обозначение узлов, направлений и плоскостей. Параметры Вейсса и индексы Миллера. Особое (единичное) направление. Кристаллографические категории и сингонии. 14 решёток Бравэ. Точечная группа симметрии. 32 класса симметрии.
3.	Дифракционные методы исследования структуры твердых тел	Обратное пространство. Обратная решётка. Свойства базисных векторов обратной решётки. Дифракция и интерференция волн в кристаллах. Условия дифракции Вульфа-Брэгга. Условие дифракции для обратной решётки. Импульс отдачи кристалла при рассеянии. Построение Эвальда. Плоскости перпендикулярные векторам обратной решетки и делящие их пополам. Зоны Бриллюэна. Приведение зон.
4.	Энергия связи (когезии) веществ с различным типом химической связи	Типы химических связей в кристаллах. Потенциал ионизации. Энергия электронного сродства. Молекулярная связь. Потенциал Леннарда-Джонса. Решёточные суммы. Равновесное состояние. Ионная связь. Энергия Маделунга. Постоянная Маделунга. Метод Эвьена. Ковалентная связь. Направленность и насыщенность связей. Правила Юм-Розери. π - и σ - связи. Гибридизация состояний. Металлическая связь.
5.	Фононы и колебания решетки	Кристаллы с одноатомным базисом. Уравнения движения. Дисперсионное соотношение. Фазовая и групповая скорости. Длинноволновое приближение. Общий случай. Продольные и поперечные акустические колебания. Кристаллы с двухатомным базисом. Уравнения движения. Дисперсионное соотношение. Характер относительного движения частиц. Оптические и акустические ветви.
6.	Тепловые свойства диэлектрических твердых тел	Классическая и квантовая теплоемкости твердого тела. Теории Эйнштейна и Дебая. Тепловое расширение. Теплопроводность.
7.	Свободный электронный газ	Спектр квантовых состояний свободных электронов в одномерном проводнике. Заселение состояний. Распределение Ферми-Дирака. Вклад теплоемкости электронного газа в теплоемкость твердого тела. Электропроводность и закон Ома.

		Теплопроводность металлов. Диэлектрическая проницаемость электронного газа. Плазменная частота. Поглощение и отражение электромагнитных волн в плазме твёрдого тела (поперечные оптические моды). Дисперсионное соотношение для поперечных волн. Продольные плазменные колебания в металлической пленке. Плазмоны. Возбуждение плазмонов при отражении электронов от поверхности металла.
8.	Энергетические зоны	Учет периодичности решеточного потенциала. Энергетические зоны в кристаллах. Генетическая связь энергетических зон с атомными состояниями кристаллообразующих частиц. Классификация твёрдых тел на основе зонной схемы. Электроны и дырки. Эффективная масса. Проводимость. Другие носители заряда. Диффузия и дрейф носителей. Подвижность носителей. Экситоны.
9.	Диэлектрики	Электрические и оптические явления в неметаллических кристаллах. Люминесценция. Вынужденное излучение. Твердотельные лазеры. Дефекты в кристаллах. Радиационно-физические процессы в твердых телах. Физика центров окраски в кристаллах.
10.	Полупроводниковые кристаллы	Собственные и примесные полупроводники. Закон действующих масс. Уровень Ферми в полупроводниках. Вырожденные полупроводники. <i>P-n</i> -переход, вольт-амперная характеристика. Полупроводниковый выпрямительный диод. Фотогенерация и рекомбинация носителей в полупроводниках. Прямые и не прямые переходы. Тепловая ионизация примесных атомов и дефектов. Оптическая накачка полупроводников. Квазиравновесие в зонах. Квазиуровни Ферми. Спонтанная и вынужденная рекомбинация. Условие инверсии в полупроводниках. Лазер на <i>p-n</i> – переходе. Светодиод.
11.	Магнитные свойства твердых тел	Диа- и парамагнетизм. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Электронный и ядерный магнитный резонанс.
12.	Сверхпроводимость	Низкотемпературные сверхпроводники. Сверхпроводники I и II рода. Эффект Мейснера. Теории Гинзбурга, Ландау, Бардина, Купера, Шриффера. Туннельный эффект. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературные сверхпроводники.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			всего часов	из них практ. подг.		
1	2	3	4	5	6	7
1	Раздел 2	Симметрия и структура твердых тел	2	2	Собеседование	ПК-1
2	Раздел 3	Дифракционные методы исследования структуры твердых тел	1	1	Собеседование	ПК-1
3	Раздел 4	Энергия связи (когезии) веществ с различным типом химической связи	2	2	Собеседование	ПК-1
4	Раздел 5	Фононы и колебания решетки	2	2	Собеседование	ПК-1
	Раздел 6	Тепловые свойства твердых тел	2	2	Собеседование	ПК-1
	Раздел 7	Свободный электронный газ	2	2	Собеседование	ПК-1
	Раздел 8	Энергетические зоны	2	2	Собеседование	ПК-1
5	Раздел 9	Диэлектрики	1	1	Собеседование	ПК-1
	Раздел 10	Полупроводниковые кристаллы	2	2	Собеседование	ПК-1

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа реализуется:

1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий, при выполнении практических работ.

2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.

3) В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при подготовке к аудиторным занятиям по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, и при изучении научной и специальной учебной литературы.

Самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов также включает в себя подготовку к устным опросам по каждому из изучаемых разделов. Также самостоятельная работа подразумевает систематический подход к обучению, в соответствии с предложенным в разделе 6.1 графиком, что, в свою очередь, способствует получению зачета по данной дисциплине.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература

1. Байков Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: - ЭВК. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2013. – (Учебник для высшей школы). – Режим доступа: ЭЧЗ «Библиотех». – Неогранич. доступ.

2. Аплеснин, С. С. Физика твердого тела. Теория, задачи и лабораторные работы / С. С. Аплеснин, А. М. Харьков. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 364 с. — ISBN 978-5-507-45393-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/302603>.

3. Аплеснин, С. С. Элементы квантовой механики в физике твердого тела : учебное пособие / С. С. Аплеснин. — 2-е изд., доп. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. — 144 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165874>.

4. . Епифанов Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]. – 2022. Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань». – Неогранич. доступ. <https://e.lanbook.com/book/210671>

5. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник - 4-е изд., стер. - СПб. Лань, 2010. - 391 с. рис., табл. - (Учебники для вузов. Специальная литература. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=648

б) дополнительная учебная литература:

1. А. А. Шалаев. Основы физического материаловедения. Часть 1. Серия - Методы экспериментальной физики конденсированного состояния. Изд-во ИГУ, 2013 г. 126 с. https://www.medphysics-irk.ru/handbooks/pdf/Shalaev_materials-1.pdf.

2. А. А. Шалаев. Основы физического материаловедения. Часть 2. Серия - Методы экспериментальной физики конденсированного состояния. Изд-во ИГУ, 2014 г. 190 с. https://www.medphysics-irk.ru/handbooks/pdf/Shalaev_materials-2.pdf.

в) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", полезных для освоения дисциплины

<http://elibrary.ru>

<https://scholar.google.ru>

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2023

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=648

<http://www.ozon.ru/context/detail/id/27809273/>

<http://window.edu.ru/resource/305/64305>

<https://sites.google.com/site/viktormironovipm/SPM-textbook>

medphysics-irk.ru/publ-kef/pdf-shalaev/Shalaev-materials.pdf

medphysics-irk.ru/publ-kef/pdf-shalaev/Shalaev-materials-2.pdf



VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Практические и лекционные занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию. Лабораторное оборудование не предусмотрено.

На факультете имеется компьютеризированная аудитория с неограниченным доступом в Интернет и стандартным программным обеспечением с возможностью просмотра презентаций и других материалов по курсу (в рамках самостоятельной работы студентов) и обработки экспериментальных данных в стандартных программах для построения графиков, таблиц и проведения расчётов (в рамках лабораторного практикума).

6.2. Программное обеспечение:

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартные средства просмотра презентаций и других материалов по курсу, стандартные программы для построения графиков, таблиц и проведения расчётов.

6.3. Технические и электронные средства:

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного изучения материала и решения задач по дисциплине;

текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в форме самостоятельных работ, экспресс-опросов, а также в ходе собеседования.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

Оценочные материалы для входного контроля:

Проводится опрос на первом занятии.

Оценочные материалы текущего контроля:

Содержание учебного материала разделено на дидактические единицы (ДЕ) – предметные темы, подлежащие обязательному изучению и усвоению в процессе обучения. Учитывается промежуточная аттестация по итогам самостоятельной работы, предусмотренной программой курса.

Текущий контроль успеваемости студентов и итоговая аттестация по дисциплине проводятся в соответствии с оценочными средствами, перечисленными ниже:

	Вид оценочного средства	Содержание оценочных средств	Тематика
1	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся по темам, связанным с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам дисциплины, перечисленным в разделе 11
2	Экспресс-опрос	Опрос обучающихся в течение 5-10 минут перед началом очередной лекции или практического занятия по материалам предшествующей лекции с целью проверки знания и закрепления ключевых понятий,	По материалам предшествующих занятий и самостоятельной работы

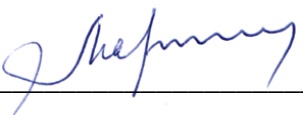
		определений, формул и формулировок.	
3	Практические занятия	Оценка текущих знаний в ходе решения задач у доски на практических занятиях	Задачи по разделам
4	Итоговая аттестация по дисциплине	Экзамен	Вопросы по темам дисциплины

Оценочные материалы для промежуточной аттестации:

Итоговая аттестация проводится в форме зачёта.

Разработчик:

профессор

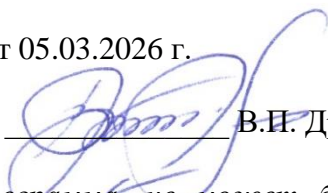


Мартынович Е.Ф.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

Протокол № 7 от 05.03.2026 г.

И.о. зав. кафедрой



В.П. Дресвянский

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.



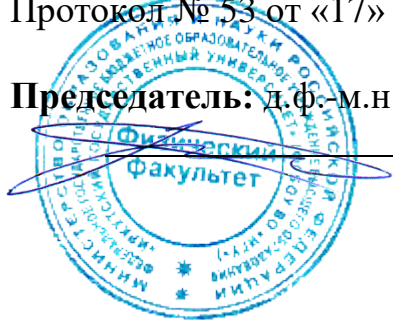
**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Факультет (институт) Физический факультет
Кафедра Общей и экспериментальной физики**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**по дисциплине Б1.В.04 Введение в физику конденсированного состояния
направление подготовки 03.03.02 Физика
направленность (профиль) Физика конденсированного состояния**

Одобен
УМК физического факультета
Протокол № 53 от «17» марта 2026 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
_____ Н.М. Буднев



Разработан в соответствии с приказом от 7 августа 2020 г. № 891 об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 физика с учетом требований проф. стандартов 40 - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности 40.011 - Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам

Разработчик:

_____ д.ф.-м.н. профессор Е.Ф. Мартынович

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.04 Введение в ФКС

Направление подготовки 03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника бакалавр

Форма обучения очная

1. Компетенции (индикаторы компетенций), формируемые в процессе изучения дисциплины (курс 3 семестр 5):

Компетенция	Результаты обучения
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики конденсированного состояния для освоения профильных физических дисциплин	<p>Знать: Математический аппарат, позволяющий решать задачи прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния.</p> <p>Уметь: Определять методы и подходы для решения задач прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния.</p> <p>Владеть: Навыками решения задач в области физики конденсированного состояния в рамках исследовательской деятельности.</p>
	<p>Знать: Математический аппарат, позволяющий решать профильные задачи прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния.</p> <p>Уметь: Определять методы и подходы для решения профильных задач прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния.</p> <p>Владеть: Навыками решения профильных задач в области физики конденсированного состояния в рамках исследовательской деятельности.</p>

2. Текущий контроль

2.1. Программа оценивания контролируемой компетенции ПК-1

Тема или раздел дисциплины	Код индикатора компетенции	Планируемый результат	Критерий оценивания	Наименование ОС ²	
				ТК ³	ПА ⁴
Раздел 1	ПК - 1	Знать: Математический аппарат, позволяющий решать задачи прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния. Уметь: Определять методы и подходы для решения задач прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния. Владеть: Навыками решения задач в области физики конденсированного состояния в рамках исследовательской деятельности.	См. «Вопросы для собеседования»; «Тестовые задания»	Экспресс-опрос. Собеседование	Тест 1
Раздел 2			См. «Вопросы для собеседования»; «Тестовые задания»	Экспресс-опрос. Собеседование	Тест 2

2.2. Характеристика оценочных материалов для обеспечения текущего контроля по дисциплине

Код индикатора компетенции	Планируемый результат	ОС ²	Содержание задания/вопроса и т.д.
ПК - 1	Знает: Математический аппарат, позволяющий решать профильные задачи прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния.	Экспресс-опрос. Собеседование	См. «Вопросы для собеседования»
ПК - 1	Умеет: Определять методы и подходы для решения профильных задач прикладного и исследовательского характера в области физики конденсированного состояния.	Экспресс-опрос. Собеседование	См. «Вопросы для собеседования»
ПК - 1	Владеет: Навыками решения профильных задач в области физики конденсированного состояния в рамках исследовательской деятельности.	Экспресс-опрос. Собеседование	См. «Вопросы для собеседования»

3.3 Оценочные материалы (средства), обеспечивающие диагностику сформированности компетенций (или индикаторов компетенций), заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)

В этом разделе могут быть представлены зачётно-экзаменационные материалы, содержащие комплекты вопросов (заданий) для зачёта и экзаменационных билетов для экзамена, а также критерии формирования оценок. Решением кафедры в состав экзаменационных билетов для экзамена или заданий к зачёту вместо вопросов, задач/заданий, могут включаться тесты и иные КИМ, применение которых позволит оценить уровни сформированности компетенций у студентов.

Обратите внимание! Данный раздел содержит только тот материал, который используется автором при проведении промежуточной аттестации (зачет или экзамен) по дисциплине (модулю) и указан в его рабочей программе.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Иркутский государственный
 университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Физический факультет

Вопросы для собеседования

1. Предмет физики твердого тела. Определение понятия «твердое тело». Роль твердого состояния вещества в природе и в техническом прогрессе.
2. Диаграмма состояния однокомпонентной системы.
3. Структурные характеристики вещества в конденсированном состоянии. Кристаллы, полимеры, аморфные среды, жидкости, жидкие кристаллы.
4. Кристаллическая система координат. Вектор трансляции. Элементарная трансляция. Кристаллическая решётка. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка. Базис. Кристаллическая структура.
5. Точечные элементы (операции) симметрии. Формула симметрии. Порядок осей симметрии для идеальных кристаллических многогранников. Обозначение узлов, направлений и плоскостей. Параметры Вейсса и индексы Миллера.
6. Особое (единичное) направление. Кристаллографические категории и сингонии. 14 решёток Бравэ. Точечная группа симметрии. 32 класса симметрии.
7. Обратное пространство. Обратная решётка. Свойства базисных векторов обратной решётки.
8. Дифракция и интерференция волн в кристаллах. Условия дифракции Вульфа-Брэгга.
9. Условие дифракции для обратной решётки.
10. Построение Эвальда. Плоскости перпендикулярные векторам обратной решетки и делящие их пополам. Зоны Бриллюэна. Приведение зон.
11. Типы химических связей в кристаллах. Потенциал ионизации. Энергия электронного средства. Заполнение электронных оболочек атомов.
12. Молекулярная связь. Потенциал Леннарда–Джонса. Решёточные суммы. Равновесное состояние.
13. Ионная связь. Энергия Маделунга. Постоянная Маделунга. Метод Эвьена.
14. Ковалентная связь. Направленность и насыщенность связей. Правила Юм-Розери. π - и σ – связи. Гибридизация состояний.
15. Металлическая связь.
16. Кристаллы с одноатомным базисом. Уравнения движения. Дисперсионное соотношение. Фазовая и групповая скорости Длинноволновое приближение. Общий случай. Продольные и поперечные акустические колебания.

17. Кристаллы с двухатомным базисом. Уравнения движения. Дисперсионное соотношение. Характер относительного движения частиц. Оптические и акустические ветви.
18. Классическая и квантовая теплоемкости твердого тела. Теории Эйнштейна и Дебая. Тепловое расширение. Теплопроводность.
19. Спектр квантовых состояний свободных электронов в одномерном проводнике. Заселение состояний. Распределение Ферми-Дирака. Вклад теплоемкости электронного газа в теплоемкость твердого тела.
20. Электропроводность и закон Ома.
21. Теплопроводность металлов.
22. Диэлектрическая проницаемость электронного газа. Плазменная частота. Поглощение и отражение электромагнитных волн в плазме твёрдого тела (поперечные оптические моды). Дисперсионное соотношение для поперечных волн.
23. Продольные плазменные колебания в металлической пленке. Плазмоны. Возбуждение плазмонов при отражении электронов от поверхности металла.
24. Учет периодичности решеточного потенциала. Энергетические зоны в кристаллах.
25. Генетическая связь энергетических зон с атомными состояниями кристаллообразующих частиц. Классификация твёрдых тел на основе зонной схемы.
26. Электроны и дырки. Эффективная масса. Проводимость. Другие носители заряда. Диффузия и дрейф носителей. Подвижность носителей. Экситоны.
27. Электрические и оптические явления в неметаллических кристаллах. Люминесценция. Вынужденное излучение. Твердотельные лазеры.
28. Дефекты в кристаллах. Радиационно-физические процессы в твердых телах.
29. Центры окраски в кристаллах.
30. Собственные и примесные полупроводники. Закон действующих масс. Уровень Ферми в полупроводниках.
31. Вырожденные полупроводники. *P-n*-переход, вольт-амперная характеристика. Полупроводниковый выпрямительный диод.
32. Фотогенерация и рекомбинация носителей в полупроводниках. Прямые и непрямые переходы. Тепловая ионизация примесных атомов и дефектов.
33. Оптическая накачка полупроводников. Квазиравновесие в зонах. Квазиуровни Ферми. Спонтанная и вынужденная рекомбинация. Условие инверсии в полупроводниках.
34. Лазер на *p-n* – переходе. Светодиод.
35. Диа- и парамагнетизм. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Электронный и ядерный магнитный резонанс.
36. Низкотемпературные сверхпроводники. Сверхпроводники I и II рода. Эффект Мейснера.
37. Теории Гинзбурга, Ландау, Бардина, Купера, Шриффера.
 38. Туннельный эффект. Эффект Джозефсона.
 39. Высокотемпературные сверхпроводники.

Педагогический работник _____

(подпись)

Е.Ф. Мартынович

И.о. зав. кафедрой _____

(подпись)

В.П. Дресвянский

«17» марта 2026 г.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится при правильном, полном и логично построенном ответе; умении оперировать специальными терминами; использовании в ответе дополнительного материала.

Оценка «хорошо» ставится при правильном, полном и логично построенном ответе; умении оперировать специальными терминами; использовании в ответе дополнительного материал. Но в ответе имеются негрубые ошибки или неточности, делаются не вполне законченные выводы или обобщения.

Оценка «удовлетворительно» ставится при схематичном неполном ответе, неумении оперировать специальными терминами или их незнании, ответе с одной грубой ошибкой.

Оценка «неудовлетворительно» ставится при ответе на все вопросы билета с грубыми ошибками, неумении оперировать специальной терминологией.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Иркутский государственный
университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Физический факультет

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Тест №1 (пример)

Тестовое комплексное задание для контроля знаний по дисциплине **Б1.В.04 Введение в физику конденсированного состояния**

Инструкция:

Прежде чем приступить к выполнению тестового задания, внимательно прочитайте вопросы. Если Вы затрудняетесь ответить на вопрос, переходите к следующему, но не забудьте вернуться к пропущенному заданию.

Время выполнения теста – 45 мин.

Каждый правильный ответ на вопрос блока А оценивается в 1 балл;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Б и В – 1,5 балла;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Г и Д – 2 балла.

БЛОК А.

Выберите один правильный ответ и обведите его кружком:

1. Что из перечисленного является примером конденсированного состояния вещества?

- a) Газ
- b) Пламя
- c) Плазма
- d) Кристалл

Ответ: d) Кристалл

2. Как называется переход от твердого состояния к жидкому?

- a) Конденсация
- b) Плавление
- c) Ионизация
- d) Сублимация

Ответ: b) Плавление

3. Какая из перечисленных характеристик характерна для аморфных веществ?

- a) Регулярная структура

- b) Хорошо выраженные кристаллические грани
- c) Случайное расположение атомов или молекул
- d) Высокая подвижность частиц

Ответ: c) Случайное расположение атомов или молекул

4. Что такое фаза в контексте физики конденсированного состояния?

- a) Химическое соединение
- b) Область пространства с однородными свойствами
- c) Группа атомов
- d) Энергетическое состояние

Ответ: b) Область пространства с однородными свойствами

5. Какой физический процесс характеризует переход от жидкости к газу?

- a) Кристаллизация
- b) Ионизация
- c) Конденсация
- d) Испарение

Ответ: d) Испарение

6. Какая величина характеризует взаимодействие между частицами в твердом теле?

- a) Давление
- b) Масса частиц
- c) Скорость
- d) Сила связи

Ответ: d) Сила связи

7. Как называется процесс превращения газа в жидкость?

- a) Конденсация
- b) Сублимация
- c) Плавление
- d) Ионизация

Ответ: a) Конденсация

8. Кристаллы какой сингонии не имеют единичных (особенных) осей симметрии ?

- a) Гексагональная
- b) Тетрагональная
- c) Кубическая
- d) Моноклинная

Ответ: c) Кубическая

9. Что такое коэффициент теплопроводности?

- a) Способность вещества проводить электрический ток
- b) Способность вещества пропускать свет
- c) Способность вещества передавать тепло
- d) Способность вещества излучать тепло

Ответ: c) Способность вещества передавать тепло

10. Какой физический параметр описывает упругие свойства твердого тела?

- a) Плотность
- b) Масса
- c) Модуль упругости
- d) Теплоемкость

Ответ: c) Модуль упругости

11. Как называется состояние вещества, при котором атомы или молекулы не имеют фиксированного положения, но сохраняют объем?

- a) Газ
- b) Жидкость
- c) Плазма
- d) Суперпластичное состояние

Ответ: b) Жидкость

12. Какой физический процесс характеризует переход от жидкого состояния к твердому?

- a) Ионизация
- b) Конденсация
- c) Кристаллизация
- d) Сублимация

Ответ: c) Кристаллизация

13. Какое утверждение верно относительно сверхпроводников?

- a) Они обладают бесконечной электрической проводимостью
- b) Они не обладают магнитными свойствами
- c) Их критическая температура равна абсолютному нулю
- d) Они не обладают суперпроводимостью

Ответ: a) Они обладают бесконечной электрической проводимостью

14. Что такое фазовый переход?

- a) Изменение агрегатного состояния вещества без изменения его химического состава
- b) Превращение одного химического вещества в другое
- c) Перемещение атомов или молекул из одного слоя

Ответ: а) Изменение агрегатного состояния вещества без изменения его химического состава

15. Что такое кристаллическая решетка?

- а) Случайное расположение атомов или молекул
- б) Отсутствие структуры вещества
- в) Упорядоченная структура, в которой атомы или молекулы располагаются в определенном порядке
- г) Промежуточное состояние между твердым и жидким

Ответ: в) Упорядоченная структура, в которой атомы или молекулы располагаются в определенном порядке

16. Что такое кристаллические дефекты в кристаллической решетке?

- а) Отсутствие структуры вещества
- б) Нарушения в регулярном расположении атомов или молекул
- в) Упорядоченная структура вещества
- г) Фазовые переходы в решетке

Ответ: б) Нарушения в регулярном расположении атомов или молекул

17. Что такое ферромагнетизм?

- а) Способность вещества пропускать свет
- б) Способность вещества сохранять форму и объем при изменении положения атомов
- в) Способность вещества передавать тепло
- г) Способность вещества обладать постоянным магнитным моментом

Ответ: г) Способность вещества обладать постоянным магнитным моментом

18. Что такое аморфизация?

- а) Процесс, при котором атомы или молекулы теряют свою упорядоченную структуру
- б) Превращение твердого вещества в газ
- в) Процесс охлаждения жидкости до кристаллизации
- г) Превращение газа в жидкость

Ответ: а) Процесс, при котором атомы или молекулы теряют свою упорядоченную структуру

19. Как называется точка, при которой происходит переход от жидкого состояния к газообразному без образования пузырьков?

- а) Точка кипения
- б) Точка росы
- в) Критическая точка
- г) Точка конденсации

Ответ: в) Критическая точка

20. Что такое капиллярное действие?

- a) Процесс, при котором вода проникает в пористые материалы
- b) Возникновение капель воды на поверхности твердого тела
- c) Способность жидкости подниматься или опускаться в узких трубках
- d) Образование капель воздушной влаги на холодной поверхности

Ответ: c) Способность жидкости подниматься или опускаться в узких трубках

21. Что такое пьезоэлектричество?

- a) Способность материалов генерировать электрический ток под действием механического напряжения
- b) Способность материалов изменять свои оптические свойства под действием электрического поля
- c) Способность материалов изменять свои магнитные свойства под действием электрического поля
- d) Способность материалов накапливать энергию под действием электрического поля

Ответ: a) Способность материалов генерировать электрический ток под действием механического напряжения

22. Что такое тепловое расширение?

- a) Увеличение объема тела под действием внешней силы
- b) Увеличение объема тела под действием температурного изменения
- c) Уменьшение объема тела под действием внешней силы
- d) Уменьшение объема тела под действием температурного изменения

Ответ: b) Увеличение объема тела под действием температурного изменения

23. Что такое фазовая диаграмма?

- a) Графическое изображение зависимостей фаз вещества от температуры и давления
- b) Изменение агрегатного состояния вещества без изменения его химического состава
- c) Область пространства с однородными свойствами
- d) Упорядоченная структура, в которой атомы или молекулы располагаются в определенном порядке


Ответ: a) Графическое изображение зависимостей фаз вещества от температуры и давления

24. В каком случае выполняется закон Дюлонга и Пти?

- a) При температуре ниже температуры Эйнштейна
- b) При температуре выше температуры Дебая
- c) При атмосферном давлении
- d) Для диэлектрических кристаллов

26. Почему теплоёмкость электронного газа в металле существенно ниже значения, полученного в классической теории?

- a) Вследствие высокой проводимости металла
- b) Вследствие принципа Паули
- c) Вследствие малой массы электрона
- d) Вследствие закона Кулона

Педагогический работник  _____ Е.Ф. Мартынович
(подпись)

И.о. зав. кафедрой  _____ В.П. Дресвянский
(подпись)

«17» марта 2026 г.