



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
«02» апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.В.05 Физика конденсированного состояния**

Направление подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) подготовки **Электроника и наноэлектроника**

Квалификация выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 49 от «26» марта 2025 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор

Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 5
от «21» февраля 2025 г.
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор

А.А. Гаврилюк

Иркутск 2025 г.

Содержание

I	Цели и задачи дисциплины (модуля).....	3
II	Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.....	3
III	Требования к результатам освоения дисциплины.....	3
IV	Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
4.1	Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	4
4.2	План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	5
4.3	Содержание учебного материала.....	6
4.3.1	Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	7
4.3.2	Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	8
4.4	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	9
4.5	Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии).....	9
V	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	9
	а) перечень литературы.....	9
	б) периодические издания.....	9
	в) список авторских методических разработок.....	9
	г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	9
VI	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	10
6.1	Учебно-лабораторное оборудование.....	10
6.2	Программное обеспечение.....	10
6.3	Технические и электронные средства.....	10
VII	Образовательные технологии.....	11
VIII	Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	11

I. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника и предназначена для обеспечения курса «Физика конденсированного состояния», изучаемого студентами в течение пятого семестра.

Основная цель курса:

- дать студентам целостное, в рамках существующих естественнонаучных положений и современного развития физики конденсированного состояния представление о классификации конденсированного состояния вещества, его основных физических свойствах и областях применения веществ различного типа.

Для достижения данной цели были поставлены задачи:

- ознакомление студентов с основными типами веществ (диэлектрики, полупроводники, металлы) и их физическими характеристиками, присущими данному типу материала;
- ознакомление студентов с основными принципами формирования зонной структуры вещества и ее связь с физическими свойствами;
- освоение методов квантово-механического описания простейших квантовых систем.

II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина «Введение в физику конденсированного состояния» является дисциплиной профессионального цикла.

Методика преподавания направлена на системный подход к обучению и интеграцию дисциплин естественнонаучного цикла, т. к. при изучении курса используются разделы и темы следующих дисциплин: «Математический анализ», «Квантовая теория».

III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Курс «Физика конденсированного состояния», согласно положениям федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования при подготовке бакалавра по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, позволяет студенту приобрести следующие компетенции:

- Способен использовать специализированные знания в области физики и физики конденсированного состояния для освоения профильных физических дисциплин (ПК-2).

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-2 Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик наноматериалов и наноструктур	ПК-1.1 Способен аргументированно выбирать эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик наноматериалов и наноструктур ПК-1.2 Способен реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик наноматериалов и наноструктур	Знает: - основные сведения о структуре кристаллов, основные постулаты и положения квантовой теории; - роль квантовой статистики в формировании зонной структуры твердого тела; - классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Умеет: - понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; - пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики. Владеет: - методами квантово-механического описания кристаллических твёрдых тел; - методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации.

I. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 180 часов,

в том числе 103 часа контактной работы, 7 час на экзамен.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 32 часов.

Из них 0 часов – практическая подготовка.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

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

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/ практические/ лабораторные занятия	Консульт ации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1.Строение кристаллических твердых тел.	5	8	2	4	2	-	6	Опрос
2	Раздел 2.Колебания решётки.	5	25	6	13	6	-	18	Решение задач
3	Раздел 3.Электроны в идеальном кристалле.	5	25	6	13	6	-	18	Решение задач
4	Раздел 4. Магнитные свойства вещества.	5	8	2	4	2	-	8	Опрос
Экзамен		7	8						Тестирование
КСР		8	8						
Итого часов			180		50	34	1	51	

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.)		
5	Разделы 1,2,3,4	Решение домашних задач и самостоятельное изучение тем.	В течение семестра	51	Задачи и упражнения	Из списка литературы.
7	Подготовка к экзамену	Работа с лекционным материалом и учебной литературой	К концу семестра		Тест	Из списка литературы.
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				51		

4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Строение кристаллических твердых тел.

1.1 Элементы точечной и трансляционной симметрии; базис, кристаллические классы, сингонии и решетки Бравэ. Простые и сложные решетки, стехиометрические соотношения. Координационные числа.

1.2 Обозначения плоскостей и направлений, индексы Миллера. Обратная решетка. Электромагнитные волны, применяемые для изучения структуры кристаллов. Закон дифракции Брэгга - Вульфа. Условие дифракции и обратная решетка. Уравнения Лауэ.

2. Колебания решётки.

2.1 Упругие свойства кристаллов. Упругие волны. Частотный спектр.

2.2 Определение собственных частот колебаний из опытов по рассеянию фотонов и медленных нейтронов.

2.3 Тепловые колебания, фононы, тепловая энергия, термодинамические функции твердых тел.

2.4 Теплоемкости по Эйнштейну, Дебаю, закон Дюлонга-Пти.

3. Электроны в идеальном кристалле.

3.1 Модель свободных электронов. Уравнение Шредингера, волновые функции, уровни энергии и их заполнение, уровень Ферми при 0 К, функция распределения энергетических состояний по энергии, вероятность заполнения энергетических уровней (функция распределения Ферми-Дирака), функция распределения электронов по энергиям.

3.2 Теплоемкость вырожденного электронного газа. Понятие о зонной теории твердых тел. Зоны Бриллюэна. Сравнение зонной модели и модели свободных электронов. Распределение электронов по зонам. Проводники, полупроводники, диэлектрики. Представление эффективной массы электрона.

3.3 Волновая функция электрона, находящегося в периодическом потенциале кристалла. Теорема Блоха.

3.4 Точные дефекты кристаллической структуры и связанные с ними свойства. Линейные дефекты кристаллической структуры.

4. Магнитные свойства вещества.

4.1 Классификация веществ по магнитным свойствам. Обменное взаимодействие. Намагниченность и восприимчивость.

4.2 Ферромагнетики. Петля гистерезиса. Доменная структура.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формиру емые компетенц ии
			Всего часов	Из них практи ческая подго товка		
1	2	3	4	5	6	7
1.	Строение кристаллических твердых тел.	Решение задач по теме раздела.	2	2	Опрос, контрольное задание	ПК-2
2.	Колебания решётки.	Решение задач по теме раздела.	6	6	Опрос, контрольное задание	ПК-2
4.	Электроны в идеальном кристалле.	Решение задач по теме раздела.	6	6	Опрос, контрольное задание	ПК-2
6.	Магнитные свойства вещества.	Решение задач по теме раздела.	2	2	Опрос, контрольное задание	ПК-2

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

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Электромагнитные волны, применяемые для изучения структуры кристаллов. Закон дифракции Брэгга - Вульфа. Условие дифракции и обратная решетка. Уравнения Лауэ.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка основной и дополнительной литературы.	2
2.	Тепловые колебания, фононы, тепловая энергия, термодинамические функции твердых тел.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка основной и дополнительной литературы.	6
4.	Понятие о зонной теории твердых тел. Зоны Бриллюэна. Сравнение зонной модели и модели свободных электронов. Распределение электронов по зонам. Проводники, полупроводники, диэлектрики.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка основной и дополнительной литературы.	6
6.	Петля гистерезиса. Доменная структура.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка основной и дополнительной литературы.	2
10.	Текущие консультации				
11.	Подготовка к экзамену			вся литература	

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации.

Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Теоретические знания, полученные студентами на практических занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении практических заданий.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у

студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен подготовиться к защите своего отчета, разобравшись с теорией исследуемого явления.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала каждой практической работы, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется на контрольной работе. Также может быть проведен опрос по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих практических занятий.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

IV. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) перечень литературы

а) перечень литературы

1. Байков Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: - ЭВК. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – (Учебник для высшей школы). – Режим доступа: ЭЧЗ «Библиотех». – Неогранич. доступ.
2. Аграфонов Ю.В. Физика конденсированного состояния вещества. Метод функций распределения [Электронный ресурс] : - Иркутский гос. ун-т, Науч. б-ка. – Электрон. текстовые дан. – Иркутск: Изд-во НБ ИГУ, 2005
3. Валишев М.Г., Повзнер А.А. Курс общей физики [Электронный ресурс]. – 2010. Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань». – Неогранич. доступ.
4. Епифанов Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]. – 2011. Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань». – Неогранич. доступ.

б) периодические издания

<http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst.htm>

в) список авторских методических разработок

г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы:

- Книгафонд - библиотека онлайн чтения. www.knigafund.ru
- ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com/>

- ЭБС «РУКОНТ» <http://rucont.ru>
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

V. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

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

На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде, в том числе в авторском учебном пособии.

6.2. Программное обеспечение:

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу

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, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области физики конденсированного состояния.

VI. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Интерактивные формы работы на учебных занятиях предусматривают активную позицию студентов при изучении материала, например, самостоятельно подготовить дополнение к теме и вынести его на обсуждение, провести дискуссию, включить элементы собственных научных исследований и сделать краткую презентацию своих выступлений на научных конференциях. Все это формирует способности при-

менять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в области исследований конденсированного состояния вещества.

На практических занятиях студенты используют авторские задачи. По материалам наблюдений они приобретают исследовательские навыки, необходимые для работы по междисциплинарным направлениям, после получения базового образования и формируют компетенцию готовности выявить естественнонаучную сущность проблем, компетенцию готовности использовать методы теоретической и экспериментальной физики в профессиональной деятельности для изучения различных веществ.

Программа основана на использовании современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power-Point), проектных (мультимедиа, видео), дистанционные, научно-исследовательской направленности и т. п.

VII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

Проводится опрос на первом занятии.

8.1.2. Оценочные средства 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.

Примерные тестовые задания по физике конденсированного состояния приведены в фондах оценочных средств.

8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

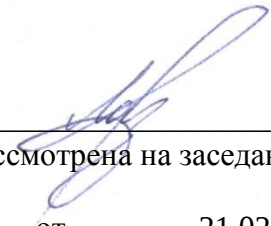
Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Опрос	Строение кристаллических твердых тел.	ПК-2
2.	Проверка решения домашней задачи	Колебания решётки.	ПК-2
4.	Проверка решения домашней задачи	Электроны в идеальном кристалле.	ПК-2
6.	Контрольная работа	Магнитные свойства вещества.	ПК-2

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

Разработчик:



Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

доцент

Лазарева Н.Л.

Протокол № 5 от 21.02.2025 г.

Зав. Кафедрой  Гаврилюк А.А.

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