

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ

КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 5/25  
от 18.11.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	4	144	32	32	8		36	0	Э
Итого	4	144	32	23	8	8	36	0	

## **АННОТАЦИЯ**

При освоении курса студенты получают ясное представление о фундаментальных принципах существования твердых и жидких тел, а также о механических, магнитных и оптических свойствах конденсированных сред. Этот материал, в частности, важен для понимания принципов построения диагностических и лечебных аппаратов в области медицины. Особое внимание обращено на сверхкритическое агрегатное состояние вещества и его перспективы для фармакологии, биологии и медицины – вопрос, который еще недостаточно освещен в монографиях.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью учебной дисциплины «Физика конденсированного состояния вещества» является получение студентами фундаментальных знаний в области принципов организации конденсированных агрегатных состояний материи, основных свойств и явлений в конденсированных средах. Для его успешного освоения необходимы знания по предшествующим университетским курсам общей физики и математики, а также по основным разделам теоретической физики.

При освоении курса студентам необходимо получить ясное представление о фундаментальных принципах существования твердых и жидких тел, а также о механических, магнитных и оптических свойствах конденсированных сред. Этот материал, в частности, важен для понимания принципов построения диагностических и лечебных аппаратов в области медицины. Особое внимание обращено на сверхкритическое агрегатное состояние вещества и его перспективы для фармакологии, биологии и медицины – вопрос, который еще недостаточно освещен в монографиях.

В рамках курса предусмотрены семинарские занятия, на которых студенты должны показать уровень освоения пройденного материала, решая задачи. Рекомендуются вспомнить приближенные методы расчета, не ограничиваясь вычислениями на калькуляторе. Следует также иметь в виду, что при проведении семестрового контроля запрещается пользоваться конспектами лекций и книгами, поэтому к нему надо готовиться заблаговременно, освежив в памяти пройденный материал.

С целью закрепления пройденного материала в процессе обучения студентам демонстрируются кристаллы и минералы, жидкие кристаллы, элементы физической оптики, оптоэлектронные устройства, а также компьютерные презентации по современным проблемам физики конденсированного состояния.

Основное требование к студентам заключается в регулярном посещении лекций, в рамках которых преподносится как классический материал, так и освещаются новые аспекты физики конденсированного состояния.

Студенты имеют возможность получения у преподавателя консультаций и литературных ссылок для более детального изучения интересующей их проблемы.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Для успешного освоения дисциплины студентам необходимы знания по предшествующим университетским курсам общей физики и математики, а также по основным разделам теоретической физики.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-2 [1] – Способен применять современный математический аппарат при построении количественных моделей физических явлений, процессов и систем в профессиональной деятельности;	3-ОПК-2 [1]–Знать: современный математический аппарат, используемый при построении количественных моделей физических явлений, процессов и систем в профессиональной деятельности У-ОПК-2 [1] – Уметь: применять современный математический аппарат для построения количественных моделей физических явлений, процессов и систем в профессиональной деятельности В-ОПК-2 [1] – Владеть: навыками построения количественных моделей физических явлений, процессов и систем в профессиональной деятельности
ОПК-3 [1] – Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;	3-ОПК-3 [1]–Знать: современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности У-ОПК-3 [1] – Уметь: выбирать и использовать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности В-ОПК-3 [1] – Владеть: современными информационными технологиями и программными средствами при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
- выявление актуальных проблем и тенденций в области физики - работа с научной литературой, в том числе с использованием	физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические	ПК-3 [1] - Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной	3-ПК-3[1] - знать методы проведения научных исследований и выполнения опытно-конструкторских работ в области физики

информационных технологий, отслеживание отечественных и зарубежных работ в исследуемой области - выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения исследования - проведение теоретических и экспериментальных исследований	явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства	аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	У-ПК-3[1] - уметь самостоятельно формулировать цели, ставить задачи научных исследований в своей профессиональной сфере; решать физические задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта В-ПК-3[1] - владеть навыками работы на современной аппаратуре, оборудовании; навыками использования информационных технологий в своей профессиональной области
--	---	--	--

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное и трудовое воспитание	Формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов,

		<p>выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности на основе инновационных подходов к управлению конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</p>
--	--	---

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	16/16/4		25	КИ-8	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Часть 2	9-16	16/16/4		25	КИ-16	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3,

							В-ОПК-3, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/32/8		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	Э	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	32	8
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	8	16	0
	<b>Тема 1.</b> Типы твердых тел. Периодические атомные структуры. Ближний и дальний порядок. Трансляционная симметрия. Закон Бриллюэна. Классификация кристаллических решеток. Индексы Миллера. Элементарная ячейка.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 2.</b> Обратная решетка. Колебания решетки. Удельная теплоемкость решетки. Спектральная плотность колебаний решетки. Диффракция. Фононы: Акустические и оптические фононы. Ангармонизм и тепловое расширение. Фонон-фононное взаимодействие.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 3.</b> Основы зонной теории. Уравнение Шредингера для кристалла. Свободные электроны. Диффракция валентных электронов. Приближение сильно связанных электронов. Число состояний электронов в энергетической зоне. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса носителей заряда. Примесные состояния. Электроны в	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	периодическом поле. Теорема Блоха. Квазиимпульс.			
	<b>Тема 4.</b> Статистика носителей заряда. Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах. Диэлектрики. Собственный и примесный полупроводники. Поверхность Ферми.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 5.</b> Взаимодействие между электронами. Механизмы рассеяния носителей заряда. Кинетическое уравнение Больцмана. Равновесное состояние. Время релаксации. Диэлектрическая проницаемость в полупроводниках. Рассеяние на тепловых колебаниях решетки. Переход Мотта.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 6.</b> Динамика электронов. Функции Ванье. Уравнение движения в представлении Ванье. Эквивалентный гамильтониан. Примесные уровни. Квазиклассическая динамика. Тензор эффективной массы. Электроны и дырки. Экситоны. Туннелирование. Пробой Зенера.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 7.</b> Кинетические явления. Неравновесная функция распределения. Электропроводность. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Эффект Холла. Теплопроводность. Ударная ионизация.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел</b>	8	16	8
	<b>Тема 8.</b> Оптические свойства. Макроскопическая теория. Дисперсия и поглощение. Поглощение решеткой. Фундаментальное поглощение. Прямые и не прямые переходы. Поглощение примесями и экситонами. Внутризонное поглощение. Многофотонные процессы. Аномальный скин-эффект. Затухание ультразвука. Изменение оптических свойств полупроводников под действие внешних сил. Эффект Келдыша-Франца. Эффект Штарка.	Всего аудиторных часов		
		1	2	4
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 9.</b> Генерация и рекомбинация электронов и дырок. Генерация носителей заряда. Максвелловское время релаксации. Механизмы рекомбинации. Ударная рекомбинация. Межзонные переходы. Рекомбинация носителей заряда через ловушки. Центры захвата и рекомбинации. Безызлучательная рекомбинация.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 10.</b> Поглощение света. Спектр поглощения и спектр отражения. Собственное поглощение. Прямые и не прямые переходы. Поглощение сильно легированного и аморфного полупроводников. Экситонное поглощение. Примесное и решеточное поглощение. Поглощение свободными носителями заряда.	Всего аудиторных часов		
		2	3	4
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 11.</b> Люминесценция. Типы люминесценции. Универсальное	Всего аудиторных часов		
		1	2	0

	соотношение между спектрами поглощения и люминесценции. Поляризация излучения. Спонтанное и вынужденное излучение атома. Стимулированное излучение твердых тел.	Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 12.</b> Электроны, фононы, фотоны и экситоны в наноструктурах. Размерное квантование электронных состояний в квантовых ямах. Оптические свойства квантовых ям. Плотность состояний в электронных системах пониженной размерности. Статистика носителей и примесные состояния в низкоразмерных структурах. Оптическая ионизация квантовых ям. Межзонные и межуровневые переходы. Эффекты деполяризации.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<b>Тема 13.</b> Нелинейная оптика. Механизмы нелинейного поглощения. Четырехволновое оптическое смешивание.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>I Семестр</i>
	<b>Лабораторная работа Определение параметров полупроводниковых материалов рентгенооптическим методом</b> Цель работы - общее ознакомление с рентгенооптическим методом диагностики поверхностных слоев и практическое участие в тестовом эксперименте.
	<b>Лабораторная работа Измерение спектров фотolumинесценции германия и кремния</b> Цель работы – ознакомление студентов с основными излучательными процессами в германии и кремнии и обучение навыкам работы на установке для измерения спектров фотolumинесценции.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторские занятия в виде лекций, практических занятий и лабораторных работ, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении повторении ранее пройденного материала и подготовке к контрольным мероприятиям. Для того чтобы дать представление и современном состоянии взаимодействия лазерного излучения с веществом предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме, посещение лабораторий НИЯУ МИФИ, ФИАН. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, в том числе, проводимых в НИЯУ МИФИ и ФИАН, а также в других организациях.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ОПК-2	З-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-3	З-ОПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 538.9 П30 Основы физики конденсированного состояния : учебное пособие, Долгопрудный: Интеллект, 2013
2. ЭИ С50 Сборник задач по физике конденсированного состояния : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. 669 Е52 Теплопроводность металлов и сплавов : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Г. Н. Елманов, М. Т. Зуев, Е. А. Смирнов, Москва: МИФИ, 2007
4. ЭИ А 71 Введение в теорию полупроводников : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
5. ЭИ Б 82 Лазеры: применения и приложения : , Санкт-Петербург: Лань, 2022

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.2 Г95 Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие для вузов, Москва: Техносфера, 2012
2. 539.2 Ч-82 Неравновесные границы зерен в металлах. Теория и приложения : , В. Н. Чувильдеев, М.: Физматлит, 2004

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения – мультимедийным оборудованием. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены рабочими местами, в том числе компьютерной техникой, с возможностью выхода в сеть «Интернет». Для проведения лабораторных работ помещения оснащены соответствующим оборудованием.

Автор(ы):

Завестовская Ирина Николаевна, д.ф.-м.н.