

**Белорусский государственный университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
Белорусского государственного университета

  
\_\_\_\_\_ А.Л. Толстик  
(подпись)

  
\_\_\_\_\_ (дата утверждения)

Регистрационный № УД- 4355 /уч.

**ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей:

1-31 80 05 – Физика;

1-31 81 01 - Физика конденсированного состояния;

1-31 81 02 – Фотоника;

1-31 81 03 Функциональные наноматериалы;

1-31 81 04 Современные методы и аппаратура физических измерений

Минск 2017 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательных стандартов ОСВО 1-31 80 05-2012, ОСВО 1-31 81 01-2012, ОСВО 1-31 81 02-2012, ОСВО 1-31 81 03-2012, ОСВО 1-31 81 04-2012, утвержденных и введенных в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 24.08.2012 № 108; учебных планов №G31-238/уч., №G31-239/уч., №G31-240/уч., №G31-241/уч., №G31-242/уч., утвержденных 26.05.2017.

#### **СОСТАВИТЕЛИ:**

**И.Д.Феранчук** — заведующий кафедрой теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

**А.В. Леонов** – доцент кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

#### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Ю.А. Курочкин** – заведующий лабораторией теоретической физики Государственного научного учреждения «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси», доктор физико-математических наук, доцент.

**В.В. Углов** – заведующий кафедрой физики твердого тела физического факультета Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

#### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета (протокол № 8 от 02.06.2017 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 08.06.2017 г.);

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью учебной дисциплины является рассмотрение специальных и более сложных вопросов описания физических процессов в среде, которые не изучаются в курсах общей и теоретической физики. При освоении курса студенты должны получить более глубокое представление о связи между макроскопическими характеристиками, которые широко используются в оптике, рентгеноструктурном анализе, физике твердого тела и полупроводников, с микроскопическими параметрами атомов и молекул среды.

Задачи учебной дисциплины состоят в демонстрации эффективности общих принципов и методов теоретической физики при описании явлений, имеющих в настоящее время большое научное и прикладное значение при создании современных технологий. В курсе демонстрируется общность физических принципов, объединяющих различные по своим качественным особенностям явления, и рассмотрен ряд физических эффектов, в которых квантовые и когерентные свойства частиц проявляются в макроскопических масштабах.

Математической и методической базой курса являются все разделы цикла дисциплин теоретической физики, изученные студентами на предыдущих курсах, и, прежде всего, такие разделы, как «Квантовая механика» и «Термодинамика и статистическая физика».

В результате изучения учебной дисциплины «Физика конденсированных сред» студент должен:

- **знать** основные подходы и методы, которые используются в современной физике для описания наблюдаемых состояний и процессов в конденсированных средах на базе «первых принципов», исходя из микроскопических характеристик составляющих ее атомов и молекул, что позволяет устанавливать связь между различными физическими явлениями, которые составляют базовые основы современных прикладных технологий.

- **уметь** вычислять с микроскопической точки зрения такие характеристики конденсированных как показатель преломления различного вида излучения и частиц в средах, использовать различные приближения при описании системы многих тел в квантовой механике, описывать свойства электронной и ионной подсистем и основные параметры фазовых переходов в твердых телах.

- **владеть** навыками приближенного решения уравнения Шредингера для задачи тел, методами их использования для реальных систем в квантовой оптике, физике твердого тела и полупроводников, методикой построения модельных гамильтонианов, описывающих фазовые переходы к конденсированным средам.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Академические компетенции:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- Владеть системным и сравнительным анализом.
- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- Владеть междисциплинарным подходом при решении различных проблем физики конденсированных сред.
- Иметь навыки, связанные с использованием различных приближений, используемых при формировании новых технологий.
- Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы.

#### Профессиональные компетенции:

- Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики и математики, современных технологий и материалов, наноматериалов и нанотехнологий, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытно-конструкторской работы.
- Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.
- Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.
- Осуществлять на основе методов математического моделирования оценку эксплуатационных параметров оборудования и технологических процессов, эффективности разрабатываемых технологий.
- Владеть знаниями о структурной организации материи, о современных физических методах познания природы.
- Использовать концептуальные положения педагогики и методики преподавания физики и информатики, методики воспитательной работы, технические средства обучения.
- Применять психолого-педагогические знания, эффективные формы и методы обучения, новые технологии обучения.
- Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.
- Определять цели инноваций и способы их достижения.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины — 130, из них количество аудиторных часов — 46.

Форма получения высшего образования — очная, дневная,

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и УСП. На лекции отводится 40 часов, на УСП — 6 часов.

Занятия проводятся на 1-м курсе в 1-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **1. Микроскопическое определение показателя преломления.**

Элементы квантовой теории рассеяния. Амплитуда и сечение рассеяния. Рассеяние на тонкой пластинке. Образование когерентной волны в среде. Физический смысл действительной и мнимой частей показателя преломления.

### **2. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.**

Диэлектрическая проницаемость кристаллов в рентгеновском диапазоне. Дифракция рентгеновского и гамма-излучения в кристаллах. Эффекты динамической теории дифракции. «Пленение» резонансного излучения в среде.

### **3. Основы нейтронно-оптических явлений**

Отражение нейтронов и гамма-квантов от поверхности. Ловушка для холодных нейтронов. Вращение плоскости поляризации нейтронов. Сдвиг и уширение спектральных линий в среде. Когерентность высших порядков.

### **4. Основные приближения физики твердого тела.**

Гамильтониан кристалла. Адиабатическое, гармоническое и одноэлектронное приближения. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка в прямом и обратном пространствах. Теорема Блоха, граничные условия, плотность состояний.

### **5. Описание ионной подсистемы кристалла.**

Фононы в одномерном кристалле с простой и двухатомной решетках: классическая теория и квантование. Фононы в трёхмерном кристалле. Фонон-фононное и электрон-фононное взаимодействия. Экспериментальные исследования фононного спектра.

### **6. Описание электронной подсистемы кристалла и процессы переноса.**

Качественный анализ структуры зонного спектра одноэлектронных состояний. Приближения слабой и сильной связи. Методы расчета зонного спектра для промежуточной связи. Локализованные состояния. Линейный отклик электронной системы. Формула Линдхарда. Экранирование и плазменные колебания. Ионизационные потери заряженных частиц в сплошной среде. Метод псевдофотонов. Излучение Вавилова-Черенкова.

### **7. Основы теории ферромагнетизма**

Физические основы ферромагнетизма. Модель Гейзенберга. Модель Изинга. Энергия магнитной анизотропии. Домены. Гистерезис. Сегнето-электричество.

### **8. Физические основы сверхтекучести и сверхпроводимости**

Вырожденный бозе-газ. Спектр возбуждений в модели Боголюбова. Условие сверхтекучести. Образование Куперовских пар. Физические основы сверхпроводимости. Эффект Мейсснера. Применения сверхпроводников.

### Учебно-методическая карта дисциплины

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Микроскопическое определение показателя преломления для волн и частиц.	4					2	[1], [2]	Коллоквиум, тесты
2	Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом	2						[1], [2]	
3	Основы нейтронно-оптических явлений	4						[1], [2]	
4	Основные приближения физики твердого тела	2					2	[3], [4]	Коллоквиум, тесты
5	Описание ионной подсистемы кристалла	8						[3], [4]	
6	Электронная подсистема кристалла и процессы переноса	10						[3], [4]	
7	Основы теории ферромагнетизма	6					2	[5]	Рефераты
8	Физические основы сверхтекучести и сверхпроводимости	2						[5]	
	<b>Итого</b>	<b>40</b>					<b>6</b>		

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Ландау, Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц // М.: Наука, 1982.— 618 с.
2. Займан, Дж. Принципы теории твердого тела / Дж.Займан // М.: Наука, 1985.— 412 с.
3. Барышевский, В.Г. Ядерная оптика поляризованных сред / В.Г.Барышевский // М.: Энергоатомиздат, 1995— 320 с.

### Перечень дополнительной литературы

4. Давыдов, А.С. Теория твердого тела / А.С.Давыдов. // М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1976 — 629 с.
5. Барышевский, В.Г. Каналирование, излучение и реакции в кристаллах при высоких энергиях / В.Г.Барышевский // Мн.: Изд-во БГУ, 1982.— 255 с.

### Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Коллоквиумы
2. Тестовые задания
3. Реферативные работы

### Рекомендуемые темы коллоквиумов

Тема коллоквиума №1: Микроскопическая теория взаимодействия частиц и излучения со средой.

Примерный перечень заданий:

1. Вычислить в борновском приближении амплитуду рассеяния на потенциале нулевого радиуса.
2. Получить выражение для показателя преломления рентгеновского излучения и оценить его величину.
3. Получить условия на материал вещества и энергию частиц для создания ловушки для холодных нейтронов.

Тема коллоквиума №2: Основы квантовой теории твердого тела.

Примерный перечень заданий:

1. Описать схему приведенных и расширенных зон для одномерной периодической среды.
2. Вычисление температуры Дебая и ее конкретного значения для кристалла кремния.

### 3. Двухволновое приближение для одноэлектронных состояний в пределе слабой связи

#### Рекомендуемые темы тестовых заданий

1. Применения микроскопического определения показателя преломления
2. Теорема Блоха и ее следствия
3. Основные приближения квантовой теории твердого тела
4. Методы расчета зонного спектра

#### Рекомендуемые темы реферативных работ

1. Вычисление групповой скорости для рентгеновского излучения
2. Квазимагнитное поле, действующее на нейтроны
3. Методы ортогонализированных и присоединенных плоских волн
4. Методы экспериментального наблюдения квантового эффекта Холла

### **Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов**

Основой методики организации самостоятельной работы студентов по курсу является предоставление студентам необходимой для работы информации, а также обеспечение регулярных консультаций преподавателя и периодичной отчетности по различным видам учебной и самостоятельной деятельности.

В открытом доступе для студентов размещается следующая информация:

- программа курса с указанием основной и дополнительной литературы;
- учебно-методические материалы;
- график консультаций преподавателя;
- вопросы для проведения экзамена;
- сроки проведения контрольных мероприятий по различным видам учебной деятельности:
  - коллоквиумов по изучаемому материалу;
  - тестовых заданий
  - реферативных работ
- для дополнительного развития творческих способностей одаренных студентов организуются:
  - студенческие научно-практические конференции, конкурсы;
  - студенческие олимпиады.

### **Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации**

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать тестовые задания по разделам дисциплины,

коллоквиумы и реферативные работы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Коллоквиумы проводятся в письменной форме, на выполнение каждого коллоквиума отводится 45 мин. Коллоквиум №1 проводится в форме решения (исследования) задачи, состоящей из нескольких блоков. По согласованию с преподавателем разрешается использовать справочные, научные и учебные печатные издания. Каждый блок в соответствии с его сложностью оценивается от 1 до 3 баллов (максимальная сумма баллов за все блоки в коллоквиуме равна 10). Количество баллов за каждый блок выставляется в зависимости от правильности и полноты его решения. Нерешенный или решенный полностью неправильно блок оценивается в 0 баллов. Оценка за коллоквиум рассчитывается как сумма баллов, полученных за каждый блок задачи. Коллоквиум №2 проводится в форме ответа на два теоретических вопроса. При этом использование справочных, научных и учебных печатных изданий не разрешается. Каждый ответ оценивается в 5 баллов (максимальная сумма баллов за оба вопроса равна 10). Количество баллов за ответ на теоретический вопрос выставляется в зависимости от правильности и полноты его изложения. Отсутствие ответа, а также полностью неправильный ответ на теоретический вопрос оценивается в 0 баллов. Оценка за коллоквиум рассчитывается как сумма баллов, полученных за ответ на каждый теоретический вопрос.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за коллоквиумы и реферат. При оценке текущей успеваемости 4 балла и более студенты допускаются к экзамену. При оценке ниже 4 баллов решением кафедры студенты не допускаются к экзамену, и им назначается срок выполнения контрольных мероприятий.

Итоговая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена. Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Весовой коэффициент для оценки текущей успеваемости — 0,3; для экзаменационной оценки — 0,7.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Квантовая механика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленной варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Термодинамика и статистическая физика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленной варианте (протокол №10 от 23.05.2016)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
на 2018/2019 учебный год

№ № ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
теоретической физики астрофизики  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2018 г.)

Заведующий кафедрой  
теоретической физики и астрофизики  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ И.Д. Феранчук

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ В.М. Анищик