

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Филиал «Протвино»
Кафедра «Техническая физика»



УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала «Протвино»

«Протвино»  А.А. Евсиков

«28» 06 2020 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Физика конденсированного состояния

наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

код и наименование направления подготовки (специальности)

Уровень высшего образования

бакалавриат

бакалавриат, магистратура, специалитет

Направленность (профиль) программы (специализация)

«Медицинская физика»

Форма обучения

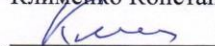
очная

очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2020

Преподаватель (преподаватели):

Клименко Константин Григорьевич, д.ф.м.н., с.н.с., кафедра «Технической физики»


(подпись)

Программа составлена в соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом высшего образования и учебным планом по направлению подготовки 03.03.02 Физика

Программа рассмотрена на заседании кафедры «Техническая физика».

Протокол заседания № 3 от «26» июня 2020 г.

И.о. зав. кафедрой  /Соколов А.А. /
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Эксперт _____

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность)

Оглавление

1 Цели и задачи освоения дисциплины	4
2 Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины (модуля)	4
3 Место дисциплины в структуре ОПОП	5
4 Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)	5
5 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	6
6 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий	6
7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)	9
8 Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения.....	9
9 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	11
10 Ресурсное обеспечение.....	16
11 Язык преподавания	18

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» является ознакомление будущего бакалавра с основами физики твердого тела и конденсированного состояния вещества. Эта дисциплина является заключительной и одной из важнейших в курсе «Теоретической физики». Освоившие дисциплину «Физика конденсированного состояния», получают представления не только об основах самых разнообразных процессов и явлений (сверхпроводимость и сверхтекучесть, магнетизм и т.д.) окружающей природы, но и получают в свое распоряжение очень эффективные методы исследования самых разнообразных физических систем, состоящих из очень большого количества частиц. Методы физика конденсированного состояния -- важнейшие инструменты исследования в области других естественных наук, а также инженерно-технической деятельности. Освоение дисциплины «Физика конденсированного состояния» способствует развитию у студентов рационального понимания окружающего мира, навыков логического мышления и, кроме того, формированию способности к самостоятельному мышлению, техническому творчеству и умению читать научную литературу по выбранной специальности. Успешное усвоение данной дисциплины является основой, на которой базируется изучение специальных курсов подготовки по профилю «Медицинская физика».

Задачи изучения дисциплины охватывают теоретические и практические аспекты подготовки будущего специалиста:

Изучить:

- Основные понятия физики конденсированного состояния: конденсированная среда как ансамбль взаимодействующих частиц. Понятия квазичастицы, квазиимпульса, ферми-жидкости и т.д.
- Понятие квазичастицы как кванта упругих колебаний кристаллической решетки (фонон). Тепловые возбуждения решетки. Закон дисперсии фононов. Статистику акустических фононов. Теорию Дебая теплоемкости решетки.
- Свойства сверхтекучего состояния гелия.

- Теорему Блоха и зонную структуру спектра электронов в кристаллической решетке.
- Основные свойства сверхпроводящих материалов.
- Основные положения теории магнетизма.

Овладеть:

- Умением решать простейшие уравнения Шредингера. Методами нахождения спектра гармонического осциллятора.
- Методикой построения распределений Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна для идеальных газов тождественных частиц.
- Находить температуру бозе-конденсации.
- Теорией расчета зон Бриллюэна для простейших кристаллических решеток.
- Расчетом зон разрешенных значений энергии для электрона в одномерном кристалле.

2 Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины (модуля)

Объектами профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля) являются:

- физические системы различного масштаба и уровней организации, процессы их функционирования;
- физические, инженерно-физические, биофизические, химико-физические, медико-физические, природоохранные технологии;

- физическая экспертиза и мониторинг.

3 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.Б.12.5 «Физика конденсированного состояния» относится к числу обязательных дисциплин базовой части блока дисциплин «Теоретическая физика». Курс призван обеспечить общеобразовательную теоретическую подготовку студентов к практической работе в различных областях науки и техники, включая физику.

Программа дисциплины «Физика конденсированного состояния» состоит из таких разделов, как явления сверхтекучести и сверхпроводимости, зонная структура спектра энергии электрона в кристаллах, физика фононов и др. Её изучение проводится в седьмом семестре четвертого года обучения. Приступая к изучению дисциплины, студент должен достаточно хорошо знать математический анализ, квантовую механику, а также другие математические и физические дисциплины в объеме университетского курса обучения. А также должен обладать умениями, навыками и компетенциями дисциплин, в рамках которых был освоен необходимый материал. Входящие компетенции: ОПК-1, ОПК-3.

После обучения по программе «Физика конденсированного состояния» студент должен быть подготовлен к дальнейшему изучению спецкурсов вариативной обязательной части программы обучения по профилю «Медицинская физика» и чтению оригинальной научной и инженерно-технической литературы по основной специальности «Физика».

После освоения курса студент будет подготовлен к выполнению выпускной квалификационной работы и последующей профессиональной деятельности.

4 Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Раздел заполняется в соответствии с картами компетенций.

Формируемые компетенции <i>(код компетенции, уровень (этап) освоения)</i> <i>(последний – при наличии в карте компетенции)</i>	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	Знать: базовые разделы общей и теоретической физики: основные понятия, модели, законы и теории. Код 31 (ОПК-3) Знать: теоретические и методологические основы общей и теоретической физики и способы их использования при решении конкретных физических задач. Код 32 (ОПК-3) Уметь: решать типовые учебные задачи по основным разделам общей и теоретической физики; применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий. Код У1 (ОПК-3) Уметь:

	применять полученные теоретические знания для самостоятельного
	<p>освоения специальных разделов общей и теоретической физики, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач; применять знания базовых дисциплин по общей и теоретической физике для анализа и обработки результатов физических экспериментов.</p> <p>Код У2 (ОПК-3) Владеть: навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам общей и теоретической физики; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов общей и теоретической физики; навыками решения базовых задач по общей и теоретической физике; основными методами научных исследований; навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента.</p> <p>Код В1 (ОПК-3) Владеть: навыками использования теоретических основ базовых разделов общей и теоретической физики при решении конкретных физических задач.</p> <p>Код В2 (ОПК-3)</p>

Результат обучения сформулирован на основании требований профессионального стандарта: «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» № 32 (приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 4 марта 2014 г. № 121н)

5 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых:

40 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем¹:

20 часов – лекционные занятия;

20 часов – практические занятия.

Мероприятия промежуточной аттестации – зачет с оценкой

68 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

6 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

¹Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля) Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе:										
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них ²								Самостоятельная работа обучающегося, часы, из них		
		Лекционные занятия	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.
8-й семестр												
<i>Основы квантовой механики.</i> Частица в квантовой механике. Операторы и волновые функции. Гамильтониан. Соотношение неопределенностей. Бозе- и ферми-частицы. Квантовый осциллятор.		3		3						6		
<i>Конденсированное состояние вещества как ансамбль взаимодействующих частиц.</i> Газ, жидкость, твердые тела. Понятие квазичастицы как элементарное возбуждение среды: (1) Квазичастица как структурная единица вещества (электрон). (2) Квазичастица как квант упругих колебаний кристаллической решетки (фонон). Тепловые возбуждения решетки. Закон дисперсии фононов. Статистика акустических фононов. Теория Дебая теплоемкости решетки.		3		3						6		

² Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

Сверхтекучесть. Сверхтекучесть гелия. Теплоемкость жидкого гелия. Квантовый газ бозе-частиц. Функция распределения Бозе-Эйнштейна. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Температура бозе-конденсации. Фазовые соотношения для гелия.		2		2						4	34		34
Элементарные возбуждения в электронной ферми-жидкости. Невзаимодействующие электроны в потенциальном ящике. Основное состояние невзаимодействующей системы электронов: энергия Ферми. Два постулата теории ферми-жидкости взаимодействующих электронов.		4		4						8			
Зонная структура спектра энергии электрона в кристаллах. Электрон в периодическом поле кристалла. Теорема Блоха. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Разрешенные зоны энергии. Валентная зона. Зона проводимости. Металлы, полупроводники, диэлектрики		4		4						8			
Магнетизм. Диамагнетизм и парамагнетизм. Ферромагнетизм		2		2						4	34		34
Сверхпроводимость. Сверхпроводящие материалы. Эффект Мейснера: сверхпроводники 1-го рода. Сверхпроводники 2-го рода.		2		2						4			
Промежуточная аттестация <u>зачёт с оценкой</u>		X									X		
Итого		20		20						40	68		68

7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Методические указания к практическим занятиям

Последовательное решение практических задач по следующим темам:

1. Задачи по квантовой механике.
2. Квантовый осциллятор: уровни энергии, волновые функции и тд
3. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
4. Физика фононов: закон дисперсии фононов и тд
5. Физика фононов: теплоемкость кристаллической решетки.
6. Сверхтекучесть.
7. Невзаимодействующие электроны в потенциальном ящике: Энергия Ферми.
8. Электрон в периодическом поле кристалла. Теорема Блоха. Квазиимпульс. Построение зон Бриллюэна. Одномерный случай.
9. Энергетические зоны на примере одномерного кристалла.
10. Задачи на магнетизм и сверхпроводимость.

Методические указания для самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов (СРС) состоит в выполнении двух контрольных работ (ПР-2). Для успешного выполнения контрольных работ студентам необходимо предварительно проработать теоретический материал и освоить на практических занятиях методы решения предлагаемых задач. Тематика самостоятельных работ студентов и распределение времени самостоятельной работы студентов по разделам дисциплины приведены ниже.

<i>№ n/n</i>	<i>Название</i>	<i>Содержание самостоятельной работы</i>	<i>Трудоемкость</i>
1	ПР–2.1	Уравнение Шредингера	34
2	ПР–2.2	Электроны в Электрических и магнитных полях	34

8 Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения

Перечень обязательных видов учебной работы студента:

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;
- решение практических задач и заданий на практических занятиях;
- выполнение контрольных работ.

Методическое обеспечение инновационных форм учебных занятий

С целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся в сочетании с внеаудиторной работой в учебном процессе используются инновационные образовательные технологии (~20% от объема аудиторных занятий). В качестве таковых использу-

ется частично на лекциях, а в основном на практических занятиях интерактивное обсуждение отдельных разделов дисциплины, иллюстрация теоретических положений примерами из жизни и практики, постановка и решение соответствующих задач.

Для закрепления знаний студентов по отдельным разделам курса «Физика конденсированного состояния» предлагаются индивидуальные домашние работы, формирующие первые навыки самостоятельной работы.

В совокупности эти образовательные технологии способствуют формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Инновационные формы проведения учебных занятий

Семестр	Вид учебных занятий ³	Используемые инновационные формы проведения учебных занятий	Количество академ. часов
VIII семестр	Лекции, Практические занятия	Разбор конкретных ситуаций при решении задач	11
Всего:			11

³ Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

9 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.

Планируемые результаты обучения (показатели освоения компетенции)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
Знать: базовые разделы общей и теоретической физики: основные понятия, модели, законы и теории. Код 31 (ОПК-3)	Отсутствие знаний	Не знает базовые разделы общей и теоретической физики: основные понятия, модели, законы и теории.	Имеет представление о базовых разделах общей и теоретической физики: основных понятиях, моделях, законах и теориях, но допускает неточности в формулировках.	Знает базовые разделы общей и теоретической физики: основные понятия, модели, законы и теории.	Имеет четкое, целостное представление о базовых разделах общей и теоретической физики: основных понятиях, моделях, законах и теориях.
Знать: теоретические и методологические основы общей и теоретической физики и способы их использования при решении конкретных физических задач. Код 32 (ОПК-3)	Отсутствие знаний	Не знает и не имеет общего представления о теоретических и методологических основах общей и теоретической физики.	Имеет общее представление о теоретических и методологических основах общей и теоретической физики, может предложить отдельные примеры их использования при решении задач профессиональной	Имеет представление о взаимосвязи теоретических и методологических основ общей и теоретической физики, может предложить примеры их использования в разных областях физики	Имеет представление о взаимосвязи теоретических и методологических основ общей и теоретической физики, может предложить способ их использования при решении конкретной физической задачи.

			деятельности.		
<p>Уметь: решать типовые учебные задачи по основным разделам общей и теоретической физики; применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий. Код У1 (ОПК-3)</p>	Отсутствие умений	Не умеет решать типовые задачи из базовых разделов общей и теоретической физики; применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий.	Умеет решать типовые задачи из базовых разделов общей и теоретической физики, но допускает отдельные ошибки. Частично умеет применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий.	Умеет решать комбинированные задачи из базовых разделов общей и теоретической физики. В целом успешно умеет применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий	Умеет решать задачи повышенной сложности из базовых разделов общей и теоретической физики. Полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий.
<p>Уметь: применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов общей и теоретической физики, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов общей и теоретической</p>	Отсутствие умений	Не умеет осваивать теоретический материал из отдельных специальных разделов общей и теоретической физики. Не умеет использовать стандартные методики обработки результатов физических экспериментов.	Умеет осваивать теоретический материал из отдельных специальных разделов общей и теоретической физики под руководством специалиста более высокой категории. Умеет использовать стандартные методики обработки результатов физических экспериментов, рекомендованные специалистом более высокой катего-	Способен самостоятельно освоить типовые методы решения задач из отдельных специальных разделов общей и теоретической физики, но допускает отдельные ошибки при их применении в профессиональной сфере деятельности. Умеет оценивать условия применимости стандартных методик анализа и обработки результа-	Умеет применять и обосновать необходимость привлечения сведений из дополнительных разделов общей и теоретической физики и ранжировать их по степени значимости для решения поставленной задачи (необходимые, вспомогательные, иллюстративные и др.). Способен самостоятельно освоить основные теоре-

<p>физики для решения профессиональных задач; применять знания базовых дисциплин по общей и теоретической физике для анализа и обработки результатов физических экспериментов. Код У2 (ОПК-3)</p>			<p>рии.</p>	<p>тов физического эксперимента, допуская ошибки в отдельных случаях.</p>	<p>тические положения и типовые методы решения задач из отдельных специальных разделов общей и теоретической физики. Умеет оценивать адекватность и физическую корректность моделей, используемых при обработке результатов физического эксперимента.</p>
<p>Владеть: навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам общей и теоретической физики; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов общей и теоретической физики; навыками решения базовых задач по общей и теоретической физике; основными методами научных исследований; навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента. Код В1 (ОПК-3)</p>	<p>Отсутствие владения</p>	<p>Не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов общей и теоретической физики; навыками самостоятельной работы с учебной литературой; навыками решения базовых задач по общей и теоретической физике; основными методами научных исследований; навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента.</p>	<p>Недостаточно владеет методами решения базовых задач по общей и теоретической физике; владеет навыками воспроизведения освоенного учебного материала по базовым разделам общей и теоретической физики, в целом; плохо ориентируется в учебной литературе по общей и теоретической физике; недостаточно владеет навыками библиографического поиска; фрагментарное применение основных методов научных исследо-</p>	<p>Хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов общей и теоретической физики, навыками применения решения базовых задач по общей и теоретической физике; владеет навыками самостоятельного изучения отдельных разделов учебной литературы по базовым разделам общей и теоретической физики и хорошо в ней ориентируется; в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение</p>	<p>Свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов общей и теоретической физики, что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам базовых физических дисциплин; уверено владеет техникой решения усложненных задач по базовым разделам общей и теоретической физики; легко ориентируется в учебной литературе по базовым разделам общей и теоретической физики</p>

			ваний, навыков проведения физического (лабораторного) эксперимента.	основных методов научных исследований, навыков проведения физического (лабораторного) эксперимента.	и владеет навыками критического анализа учебной информации; успешное и систематическое применение основных методов научных исследований, навыков проведения физического (лабораторного) эксперимента.
<p>Владеть: навыками использования теоретических основ базовых разделов общей и теоретической физики при решении конкретных физических задач. Код В2 (ОПК-3)</p>	Отсутствие владения	Не владеет навыками использования теоретических основ базовых разделов общей и теоретической физики при решении конкретных физических и смежных задач.	Способен предложить примеры использования теоретических представлений отдельных разделов общей и теоретической физики для решения задач профессиональной деятельности.	Владеет навыками применения теоретических моделей из базовых разделов общей и теоретической физики при интерпретации результатов в отдельно взятой области физики и смежных дисциплинах, но допускает отдельные неточности.	Владеет навыками применения теоретических моделей из базовых разделов общей и теоретической физики при планировании работ в профессиональной сфере деятельности и грамотной интерпретации полученных результатов.

- Описание шкал оценивания.

При балльно-рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения.

Распределение баллов по видам работ, формирующих рейтинговую оценку работы студента в каждом семестре, осуществляется следующим образом:

Виды работ	Максимальное количество баллов
Посещаемость	17
Контрольная работа ПР-2.1	30
Контрольная работа ПР-2.2	30
Промежуточная аттестация (экзамен)	50

По итогам работы в семестре студент может получить максимально **77** баллов.

Если к моменту окончания семестра студент не набрал минимального числа баллов (**50** баллов), то он не получает допуск к зачёту.

Если студент набирает свыше 50 баллов, то он получает допуск к зачёту.

Если студент к моменту окончания семестра набирает от **61** до **70** баллов, то он может получить автоматическую оценку «удовлетворительно». При желании повысить свою оценку студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать зачёт.

Промежуточной формой контроля является зачёт. На зачёте студент может набрать максимально **50** баллов.

Формирование оценки происходит следующим образом:

- отлично – при наборе не менее 91 балла;
 - хорошо – при наборе от 71 до 90 баллов;
 - удовлетворительно – при наборе от 51 до 70 баллов;
 - неудовлетворительно – при наборе менее 50-ти баллов.
- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в виде устных опросов на практических занятиях (УО–1), проверки аудиторных контрольных работ по основным разделам программы и выполнения письменных контрольных заданий (ПР–2).

График выполнения самостоятельных работ студентами

Недели учебного процесса										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПР-2.1	ВЗ				ЗЗ					
ПР-2.2					ВЗ				ЗЗ	

ВЗ – выдача задания

ЗЗ – защита задания

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с «Положением балльно-рейтинговой системе оценки и текущем контроле успеваемости студентов», а также «Положением о промежуточной аттестации» университета «Дубна».

- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Контрольные вопросы к зачету

1. Частица в квантовой механике. Операторы и волновые функции. Гамильтониан. Соотношение неопределенностей.
2. Бозе- и ферми-частицы. Квантовый осциллятор.
3. Конденсированное состояние вещества как ансамбль взаимодействующих частиц.
4. Газы, жидкости, твердые тела.
5. Понятие квазичастицы как элементарное возбуждение среды: (1) Квазичастица как структурная единица вещества (электрон). (2) Квазичастица как квант упругих колебаний кристаллической решетки (фонон).
6. Тепловые возбуждения решетки. Закон дисперсии фононов.
7. Статистика акустических фононов. Теория Дебая теплоемкости решетки.
8. Сверхтекучесть гелия. Теплоемкость жидкого гелия.
9. Квантовый газ бозе-частиц. Функция распределения Бозе-Эйнштейна.
10. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Температура бозе-конденсации.
11. Фазовые соотношения для гелия.
12. Невзаимодействующие электроны в потенциальном ящике.
13. Основное состояние невзаимодействующей системы электронов: энергия Ферми.
14. Два постулата теории ферми-жидкости взаимодействующих электронов.
15. Электрон в периодическом поле кристалла. Теорема Блоха. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна.
16. Зонная структура спектра энергии электрона в кристаллах.
17. Разрешенные зоны энергии. Валентная зона. Зона проводимости.
18. Металлы, полупроводники, диэлектрики.
19. Диамагнетизм и парамагнетизм. Ферромагнетизм.
20. Сверхпроводящие материалы. Эффект Мейснера: сверхпроводники 1-го рода. Сверхпроводники 2-го рода.

10 Ресурсное обеспечение

• Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная учебная литература

1. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния : Учебное пособие / Ю. В. Петров. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 216с. : ил. - ISBN 978-5-91559-110-2.
2. Гольдаде, В.А. Физика конденсированного состояния : пособие / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук ; ред. Н.К. Мышкин. – Минск : Белорусская наука, 2009. – 648 с. – Текст : электронный. // ЭБС "Университетская библиотека онлайн" – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309> (дата обращения: 15.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

Дополнительная учебная литература

1. Гордиенко, А.Б. Физика конденсированного состояния. Решение задач : учебное пособие / А.Б. Гордиенко, А.В. Кособуцкий, Д.В. Корабельников. – 2-е изд., доп. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2011. – 92 с.– ISBN 978-5-8353-1164-4. – Текст : электронный. // ЭБС "Университетская библиотека онлайн". – URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232487> (дата обращения: 15.04.2020). - Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

2. Квеглис, Л.И. Диссипативные структуры в тонких нанокристаллических пленках : монография / Л. И. Квеглис, В. Б. Кашкин ; отв. ред. В. Ф. Шабанов. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 204 с. - ISBN 978-5-7638-2101-7. - Текст : электронный. // ЭБС "Znaniium.com".- URL: <https://znaniium.com/catalog/product/441845> (дата обращения: 15.04.2020) Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
3. Кузнецов С. И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния» : учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 47 с. - Текст : электронный. // ЭБС "Znaniium.com".- URL: <https://znaniium.com/catalog/product/417650> (дата обращения: 15.04.2020). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

• Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики: / Учредитель: РАН, Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН; гл. ред. академ. Андреев А.Ф. - М.: ФГБУ «Российская академия наук». – Журнал выходит 1 раз в мес. - Основан в 1931 году. - ISSN 0044-4510. – Текст : электронный. Полные тексты статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=8682
2. Медицинская физика: научно-техническое издание / Учредитель: Ассоциация медицинских физиков России; гл. ред. Наркевич Б.Я, д.т.н., проф., в.н.с. – М.: Ассоциация медицинских физиков России. – журнал выходит 2 раза в полуг. - Основан в 1995 году. – ISSN: 1810-200X. – Текст : электронный. – Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=42372751>
3. Ядерная физика: научный журнал / Учредитель: Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова НИЦ "Курчатовский институт"; гл. ред.: Далькаров О.Д. – М.: ООО «ИКЦ «Академкнига». – Журнал выходит 6 раз в год. - Журнал основан в 1965 году. - ISSN 0044-0027. – Текст : электронный. Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8304
4. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: физика-математика: научный журнал / Учредитель: Московский государственный областной университет; гл. ред. Бугаев А.С. – М.: МГОУ. – Журнал выходит 6 раз в год. - Основан в 1998 году - ISSN 2310-7251. – Текст : электронный. – Полные электронные версии статей журнала доступны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=25657

• Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронно-библиотечные системы и базы данных

1. ЭБС «Znaniium.com»: <http://znaniium.com/>
2. ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru/>
5. Научная электронная библиотека (РУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ): <http://нэб.рф/>
7. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>

Научные поисковые системы

1. Math-Net.Ru - современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности поиска информации о математической жизни в России – <http://www.mathnet.ru/>
2. Google Scholar - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций <https://scholar.google.ru/>
3. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
4. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>
5. WorldWideScience.org - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. <http://worldwidescience.org/>

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

1. Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
2. Образовательный математический сайт EXPonenta.ru: <http://exponenta.ru/default.asp>
3. Математический сайт Math.ru: <http://math.ru/lib/>
4. Сайт РАН Институт Вычислительной математики: <http://www.inm.ras.ru/>

Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения практических занятий используются мультимедиа-материалы (презентации, слайды, учебные видеофильмы и т.д.), в связи, с чем требуется оборудование зала видеопроектором, компьютером или ноутбуком, а также аудиоаппаратурой. Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы Open office).

11 Язык преподавания

Русский