

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

Филиал «Протвино»  
Кафедра «Техническая Физика»



УТВЕРЖДАЮ

Директор

*А.А. Евсиков*

Евсиков А.А./

подпись

Фамилия И.О.

« 30 » 06 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Физика конденсированного состояния**

*наименование дисциплины (модуля)*

Направление подготовки

03.03.02 Физика

*код, наименование*

Уровень высшего образования

бакалавриат

*бакалавриат, магистратура, специалитет*

Направленность (профиль) образовательной программы

«Медицинская физика»

Форма обучения

очная

*очная, очно-заочная, заочная*

Протвино, 2022

Автор(ы) программы:

Рочев В.Е., д.ф.-м.н., профессор,  
кафедра «Техническая Физика»

*Фамилия И.О., должность, ученая степень (при наличии),  
ученое звание (при наличии), кафедра;*



подпись

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению  
подготовки высшего образования  
03.03.02 «Физика»

*(код и наименование направления подготовки (специальности))*

Программа рассмотрена на заседании кафедры

«Техническая Физика»

*(название кафедры)*

Протокол заседания № 5 от «27» июня 2022 г.

И.о. зав. кафедрой технической физики профессор



Соколов А.А

Эксперт (рецензент):

*(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность; если текст рецензии не прилагается –  
подпись эксперта (рецензента), заверенная по месту работы)*

## Оглавление

1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП .....	5
3 Планируемые результаты обучения по дисциплине .....	5
4 Объем дисциплины .....	6
5. Содержание дисциплины.....	7
6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине .....	10
7 Фонды оценочных средств по дисциплине .....	10
8 Ресурсное обеспечение .....	11
Приложение к рабочей программе дисциплины .....	15

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» **имеет целью** сформировать у обучающихся профессиональную ОПК-2 компетенцию в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 03.03.02 «Физика» с учетом направленности бакалаврской программы – «Медицинская физика».

Освоившие курс «Физика конденсированного состояния», получают в свое распоряжение очень эффективные методы исследования самых разнообразных физических систем, находящихся в состоянии с высокой плотностью. Методы физики 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. Сведения и навыки полученные при изучении дисциплины «Физика конденсированного состояния» впоследствии используются в курсе «Ультразвуковые методы диагностики», а также при подготовке к процедуре защиты и защите выпускной квалификационной работы.

При реализации цели предусматривается решение следующих задач:

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.

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

- атомная промышленность (в сфере обеспечения жизненного цикла (исследование, проектирование и разработка современного уникального оборудования, производство, наладка, эксплуатация) оборудования ускорительных комплексов как медицинского назначения, так и используемых для проведения исследований в области физики высоких энергий,

физических установок, в том числе, медицинского назначения для обеспечения эффективного и безопасного развития атомной отрасли);

- сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации, управления результатами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью производства современного оборудования, обеспечивающего совершенствование ядерно-энергетических технологий).

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» Б1.О.12.05 относится к основной части блока дисциплин, модуля «Теоретическая физика» Б1.О.12

Дисциплина преподается в VIII семестре IV курса.

Приступая к изучению дисциплины «Физика конденсированного состояния», студент имеет знания и навыки по дисциплинам: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Молекулярная физика и термодинамика», «Теоретическая механика», «Дифференциальные уравнения», «Интегральные уравнения и вариационное исчисление», «Теория функций комплексного переменного», «Термодинамика и статистическая физика».

## 3 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и формулировка)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-2.1. Проводит исследования, организует самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу для поиска и выработки новых решений в области физики	Знать основные принципы и основные этапы формирования и становления перспективной научной задачи, уметь грамотно разбить задачу на подзадачи и распределить их среди членов коллектива. Владеть методиками формулирования конкретных задач сводящихся к проблематике термодинамики и статистической физики, методами определения параметров научной новизны, значимости и эвристичности.
	ОПК-2.2. Выявляет перспективные проблемы и формулирует принципы решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики	Уметь использовать знания современных проблем и новейших достижений в области термодинамики и статистической физики для решения актуальных научно-исследовательских задач.
	ОПК-2.3. Разрабатывает методики решения и координирует выполнение отдельных заданий при руководстве группой исследова-	Владеть теоретическими знаниями об организационно-управленческой работе в коллективе и определять порядок выполнения работ. Уметь принимать сложные решения на основе групповых интересов, выби-

	телей	рать оптимальные формы организации эксперимента.
--	-------	--

#### **4 Объем дисциплины**

Объем дисциплины составляет **2 зачетные единицы**, всего **72 академических часа**.

Из них:

40 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

(20 часов – лекционные занятия;

20 часов – практические занятия.)

32 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

**5. Содержание дисциплины**  
очная форма обучения

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (академ. часы)	в том числе:						Самостоятельная работа обучающегося
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <sup>1</sup>						
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП*	...	Всего	
<b>VII семестр</b>								
<i>Основы квантовой механики.</i> Частица в квантовой механике. Операторы и волновые функции. Гамильтониан. Соотношение неопределенностей. Бозе- и ферми-частицы. Квантовый осциллятор.	6	3	3				10	4
<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.	6	3	3				11	5
<i>Сверхтекучесть.</i> Сверхтекучесть гелия. Теплоемкость жидкого гелия. Квантовый газ бозе-частиц. Функция распределения Бозе-Эйнштейна. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Температура бозе-конденсации. Фазовые соотношения для гелия.	6	3	3				11	5
<i>Элементарные возбуждения в электронной ферми-жидкости.</i> Невзаимо-	6	3	3				11	5

<sup>1</sup> Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

действующие электроны в потенциальном ящике. Основное состояние невзаимодействующей системы электронов: энергия Ферми. Два постулата теории фермижидкости взаимодействующих электронов.								
<b>Зонная структура спектра энергии электрона в кристаллах.</b> Электрон в периодическом поле кристалла. Теорема Блоха. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Разрешенные зоны энергии. Валентная зона. Зона проводимости. Металлы, полупроводники, диэлектрики	6	3	3				11	5
<b>Магнетизм.</b> Диамагнетизм и парамагнетизм. Ферромагнетизм	4	2	2				8	4
<b>Сверхпроводимость.</b> Сверхпроводящие материалы. Эффект Мейснера: сверхпроводники 1-го рода. Сверхпроводники 2-го рода.	6	3	3				10	4
Промежуточная аттестация: - зачёт с оценкой	X <sup>2</sup>	X						
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>40</b>	20	20				<b>72</b>	<b>32</b>

\*КРП - часы контактной работы на курсовую работу (проект) по дисциплине. Часы относятся к внеаудиторной контактной работе, выполняются вне расписания учебных занятий по дисциплине. Указываются, если предусмотрены учебным планом.

<sup>2</sup> Часы на промежуточную аттестацию (зачет, дифференцированный зачет, экзамен и др.) указываются в случае выделения их в учебном плане.



## Содержание дисциплины

<p><b>1. Основы квантовой механики.</b> Частица в квантовой механике. Операторы и волновые функции. Гамильтониан. Соотношение неопределенностей. Бозе- и ферми-частицы. Квантовый осциллятор.</p>
<p><b>2. Конденсированное состояние вещества как ансамбль взаимодействующих частиц.</b> 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.</p>
<p><b>3. Сверхтекучесть.</b> Сверхтекучесть гелия. Теплоемкость жидкого гелия. Квантовый газ бозе-частиц. Функция распределения Бозе-Эйнштейна. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Температура бозе-конденсации. Фазовые соотношения для гелия.</p>
<p><b>4. Элементарные возбуждения в электронной ферми-жидкости.</b> Невзаимодействующие электроны в потенциальном ящике. Основное состояние невзаимодействующей системы электронов: энергия Ферми. Два постулата теории ферми-жидкости взаимодействующих электронов.</p>
<p><b>5. Зонная структура спектра энергии электрона в кристаллах.</b> Электрон в периодическом поле кристалла. Теорема Блоха. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Разрешенные зоны энергии. Валентная зона. Зона проводимости. Металлы, полупроводники, диэлектрики</p>
<p><b>6. Магнетизм.</b> Диамагнетизм и парамагнетизм. Ферромагнетизм.</p>
<p><b>7. Сверхпроводимость.</b> Сверхпроводящие материалы. Эффект Мейснера: сверхпроводники 1-го рода. Сверхпроводники 2-го рода.</p>

## **6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине**

Методические материалы по дисциплине (модулю) и образовательной программе в целом представлены на официальном сайте образовательной организации (раздел «Сведения об образовательной организации» – Образование – Образовательные программы).

## **7 Фонды оценочных средств по дисциплине**

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы по дисциплине разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения (знания, умения, навыки) и сформированные (формируемые) компетенции.

Эти фонды включают теоретические вопросы, типовые практические задания, контрольные работы, домашние работы, тесты, примерные темы курсовых работ (проектов) и критерии их оценивания и иные оценочные материалы, используемые при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

При необходимости, обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются оценочными материалами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

*Для лиц с нарушениями зрения:*

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

*Для лиц с нарушениями слуха:*

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

*Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:*

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

## 8 Ресурсное обеспечение

### 8.1. Перечень 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. 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. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/417650> (дата обращения: 15.04.2022). – Режим доступа: по подписке.

#### *Дополнительная учебная литература*

1. Гольдаде, В. А. Физика конденсированного состояния / В. А. Гольдаде, Л. С. Пинчук ; ред. Н. К. Мышкин ; Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого. – Минск : Белорусская наука, 2009. – 648 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309> (дата обращения: 15.04.2022). – Библиогр.: с. 647-648. – Текст : электронный.
2. 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. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232487> (дата обращения: 15.04.2022). – ISBN 978-5-8353-1164-4. – Текст : электронный.
3. 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. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/441845> (дата обращения: 15.04.2022). – Режим доступа: по подписке.

#### • Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики / Учредитель: РАН, Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН. Гл. ред. академик Андреев А.Ф., ИФП РАН. М.: Академиздатцентр «Наука». - Журнал основан в 1873 году. Полные тексты статей доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: [http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=8682](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8682) и на сайте журнала <http://www.jetp.ac.ru/>
2. Медицинская физика / Учредитель: Ассоциация медицинских физиков России; гл. ред. д. т. н., Б.Я. Наркевич. – М.: Ассоциация медицинских физиков России. – Журнал основан в 1995 году.
3. Ядерная физика / Учредитель: РАН, Издательство «Наука», Гл. ред.: Ю.Г. Абов. – М.: Академиздатцентр «Наука».- Журнал основан в 1965 году. Полные тексты статей доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1549086>

#### • Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» *Электронно-библиотечные системы и базы данных*

1. ЭБС «Znanium.com»: <http://znanium.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 (ПУНЭБ) «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/>

- **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости)**

Для проведения практических занятий могут использоваться мультимедиа-материалы (презентации, слайды, учебные видеофильмы и т.д.), в связи, с чем требуется оборудование зала видеопроектором, компьютером или ноутбуком, а также аудиоаппаратурой. Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы LibreOffice и МАХІМА, свободная лицензия, код доступа не требуется).

- **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы**

Проведение практических занятий по дисциплине предполагается использование специализированных аудиторий, оснащенных персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть и имеющих доступ к ресурсам глобальной сети Интернет.

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы LibreOffice, МАХИМА свободная лицензия, код доступа не требуется).

В филиале «Протвино» государственного университета «Дубна» созданы условия для обучения людей с ограниченными возможностями: использование специальных образовательных программ и методов обучения, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающим обучающимся необходимую техническую помощь, обеспечение доступа в здания организации.

Имеется универсальное средство для подъема и перемещения инвалидных колясок – пандус-платформа складной.

Компьютерные классы оборудованы столами для инвалидов с ДЦП, также здесь оборудованы рабочие места для лиц с ОВЗ: установлены специальный программно-технологический комплекс, позволяющий работать на них студентам с нарушением опорно-двигательного аппарата, слабовидящим и слабослышащим. Имеются гарнитуры компактные, беспроводная клавиатура с большими кнопками, беспроводной компьютерный джостик с двумя выносными кнопками, беспроводной ресивер, беспроводная выносная большая кнопка, портативное устройство для чтения печатных материалов.

Специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, в том числе в формате печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы) имеются в ЭБС, на которые подписан филиал.

На сайте имеется справочная информация о расписании учебных занятий в адаптированной форме доступная для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, являющихся слепыми или слабовидящими.

- **Описание материально-технической базы**

Компьютерный класс (15 ПК) (оборудование в собственности).

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использовать специализированное программное и материально-техническое обеспечение:

- обучающиеся с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости могут использовать адаптивные технические средства: специально оборудованные джойстики, увеличенные выносные кнопки, клавиатуры с большими клавишами.
- обучающиеся с ограничениями по зрению могут прослушать доступный аудиоматериал или прочитать тексты, увеличив шрифт на экране монитора компьютера. Рекомендуется использовать экранную лупу и другие визуальные вспомогательные средства, чтобы изменить шрифт текста, межстрочный интервал, синхронизацию с речью и т.д., программы экранного доступа (скринридеры для прочтения текстовой информации через синтезированную речь) и/или включить функцию «экранного диктора» на персональном компьютере с операционной системой Windows 7, 8, 10.
- обучающиеся с ограничениями по слуху могут воспользоваться компьютерной аудиогарнитурой при прослушивании необходимой информации и портативной индукционной системой серии «ИСТОК».

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами (образовательная программа, учебные пособия и др.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

## Фонды оценочных средств

В результате освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» программы бакалавров по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» с учетом направленности бакалаврской программы – «Медицинская физика» выпускник должен обладать следующими компетенциями:

Компетенция **ОПК-2** - Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

*код и формулировка компетенции*

### Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

**Компетенция ОПК-2 - Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.**

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по практике ШКАЛА оценивания				
	1	2	3	4	5
ОПК-2.1. Проводит исследования, организует самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу для поиска и выработки новых решений в области физики.	Отсутствие знания	Не знает или знает слабо теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов Физики конденсированного состояния.  Допускает множественные грубые ошибки.	Удовлетворительно знает теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов Физики конденсированного состояния, может предложить отдельные примеры их использования при решении задач профессиональной деятельности. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Хорошо знает взаимосвязи теоретических и методологических основ Физики конденсированного состояния, может предложить примеры их использования в разных областях физики. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание о взаимосвязи теоретических и методологических основ Физики конденсированного состояния, может предложить способ их использования при решении конкретной физической задачи.  Не допускает ошибок.
	Отсутствие владения	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения навыками работы с методами теории Физики конденсиро-	Демонстрирует хороший уровень владения навыками работы с методами теории Физики конденсированного состояния для	Демонстрирует высокий уровень владения навыками работы с методами теории Физики конденсированного состояния для	Демонстрирует свободное и уверенное владение работы с методами теории Физики конденсированного состояния для реше-

		ванного состояния для решения задач профессиональной деятельности. Допускает достаточно серьезные ошибки.	решения задач профессиональной деятельности. Допускает отдельные негрубые ошибки.	решения задач профессиональной деятельности. Не допускает ошибок.	ния задач профессиональной деятельности. Не допускает ошибок.
ОПК-2.2. Выявляет перспективные проблемы и формулирует принципы решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение применять методы Физики конденсированного состояния для формулировки принципов решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение применять методы Физики конденсированного состояния для формулировки принципов решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение применять методы Физики конденсированного состояния для формулировки принципов решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное умение применять методы Физики конденсированного состояния для формулировки принципов решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики. Не допускает ошибок.
ОПК-2.3. Разрабатывает методики решения и координирует выполнение отдельных заданий при руководстве группой исследователей.	Отсутствие владения	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения навыками работы с группой исследователей и разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Физика конденсированного состояния. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует хороший уровень владения навыками работы с группой исследователей и разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Физика конденсированного состояния. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует высокий уровень владения навыками работы с группой исследователей и разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Физика конденсированного состояния. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное владение навыками работы с группой исследователей и разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Физика конденсированного состояния. Не допускает ошибок.

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.



По итогам работы в семестре студент может получить максимально **70** баллов. Итоговой формой контроля в VIII семестре является зачёт с оценкой. На зачёте студент может набрать максимально **30** баллов.

В течение VIII семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Аудиторные занятия (посещение)	17
2	Работа на практических занятиях	33
3	Сдача домашней контрольной работы (ПР-2.1)	10
4	Сдача домашней контрольной работы (ПР-2.2)	10
	Итого:	70

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51** до **70** 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 с оценкой.

Если студент не набрал минимального числа баллов (**51** балл), то он не получает допуск к зачёту.

**Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок зачёта с оценкой**

Общая сумма баллов за семестр	Итоговая оценка
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
51-70	Допуск к зачёту
в том числе: 61-70	Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно»
51-60	Только допуск к зачёту
0-50 *	Неудовлетворительно (студент не допущен к зачёту)

Текущий контроль успеваемости осуществляется в процессе выполнения практических и самостоятельных работ в соответствии с ниже приведенным графиком.

<i>№ п/п</i>	<i>№ раздела дисциплины</i>	<i>Содержание самостоятельной работы</i>	<i>Трудоемкость</i>
1 (ПР-2.1)	1-4	Домашняя контрольная работа на тему: «Основы квантовой механики.» (индивидуальное задание для каждого студента)	16
2 (ПР-2.2)	5-8	Домашняя контрольная работа «Заряженные частицы в электрических и магнитных полях.» (индивидуальное задание для каждого студента)	16

**График выполнения самостоятельных работ студентами в VIII семестре**

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ПР-2.1		ВЗ												33			
ПР-2.2									ВЗ							33	

ВЗ – выдача задания

33 – защита задания

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- в печатной форме,
- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

При необходимости обучающемуся инвалиду и лицу с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене. У обучающегося инвалида и лица с ОВЗ имеется возможность выбора формы контроля на практических занятиях, зачетах, экзаменах, подходящая конкретно для него.

*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 устных сообщений

## Инновационные формы проведения учебных занятий

Семестр	Вид учебных занятий	Используемые инновационные формы проведения учебных занятий	Количество академ. часов
VIII	Практические занятия	Обсуждение и разбор конкретных задач повышенной сложности.	4
Всего:			4

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

Адаптированная рабочая программа учебной дисциплины (модуля) разработана в отношении разноозологической учебной группы обучающихся, имеющих документально подтвержденные нарушения слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата, соматические заболевания и поддающиеся коррекции нервно-психические нарушения или сочетанные нарушения.

### Список вопросов к зачету с оценкой

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.

### Содержание зачётного билета

1 вопрос – фундаментальная теория (знать + уметь)

2 вопрос – прикладная теория (уметь + владеть)

Практическая задача