МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
_____ Д.А. Таюрский
"19" _____06_____ 2020 г.

Программа дисциплины (модуля)
Теоретическая физика

Направление подготовки / специальность: 03.06.01 Физика и астрономия
Направленность (профиль) подготовки / специализация: Теоретическая физика
Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь
Форма обучения: очная
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

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

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

4.2. Содержание дисциплины (модуля)

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

13. Приложение №1. Фонд оценочных средств

14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработали заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Прошин Ю.Н. (кафедра теоретической физики, Институт физики), Yurii.Proshin@kpfu.ru, доцент, к.н. Соловьев О.В. (кафедра теоретической физики, Институт физики) oleg.solovyev@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физики конденсированного состояния с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ПК-1	Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-2	Способности принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области теоретической физики

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

знать:

- теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; иметь представление о современном состоянии этих разделов теоретической физики.

уметь:

- понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию;
- формулировать и доказывать основные результаты теоретической физики;
- использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.

владеть:

- навыками решения задач теоретической физики.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная учебная дисциплина (модуль) включена в раздел Б1.В.06 "Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.06.01 «Физика и астрономия» и относится к обязательным дисциплинам.

Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке аспирантов. Освоение дисциплины необходимо для успешной сдачи кандидатского экзамена по специальности Теоретическая физика, что будет способствовать успешной профессиональной деятельности.

Осваивается на 4 курсе в 7 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 72 часа, в том числе лекции - 36 часов, практические занятия - 36 часов, лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы – 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 18 часов.

Контроль (зачёт / экзамен) - 90 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Механика	7	4	4	0	2
2.	Тема 2. Теория поля	7	4	4	0	2
3.	Тема 3. Электродинамика	7	4	4	0	2
4.	Тема 4. Механика сплошных сред и физическая кинетика	7	4	4	0	3
5.	Тема 5. Квантовая механика	7	8	8	0	3
6.	Тема 6. Статистическая физика	7	4	4	0	3
7.	Тема 7. Теория конденсированного состояния	7	8	8	0	3
	Подготовка к кандидатскому экзамену	7				90
	Итого		36	36	0	108

Часы, отведенные на контроль самостоятельной работы, реализованы в форме консультационной работы преподавателя по дисциплине (модулю).

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа. Связи. Уравнения движения. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса. Задача Кепле-

ра. Задача двух тел и рассеяние частиц. Малые колебания. Колебания систем со многими степенями свободы, нормальные координаты. Канонические уравнения, уравнения Гамильтона, скобки и теорема Пуассона, действие как функция координат. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Распад частиц, упругие столкновения. Сечение рассеяния частиц, формула Резерфорда. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлеровы углы и уравнение Эйлера. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.

Тема 2.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Движение частицы в гравитационном поле. Метрика. Ковариантное дифференцирование. Символы Кристоффеля. Действие для частицы в гравитационном поле. Уравнения гравитационного поля. Тензор кривизны. Действие для гравитационного поля. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна. Нерелятивистский предел уравнений Эйнштейна. Закон Ньютона. Центрально-симметричное гравитационное поле. Метрика Шварцшильда. Гравитационный коллапс. Наблюдаемые эффекты ОТО в ньютоновом и постньютоновом приближении (гравитационное красное смещение, отклонение луча света, задержка сигнала, прецессия гироскопа, прецессия орбит планет). Гравитационные линзы. Релятивистская космология. Открытая, закрытая и плоская модели. Закон Хаббла. Расширение Вселенной на радиационно-доминированной, пылевидной и вакуум-доминированной стадиях. Физические процессы в ранней Вселенной. Закалка нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Рекомбинация, реликтовые фотоны.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстродвижущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.

Тема 3.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Поле зарядов и токов в вакууме: уравнения Максвелла; скалярный и векторный потенциалы. Калибровочная инвариантность; электрическое поле; стационарное магнитное поле. Запаздывающие потенциалы. Электростатика диэлектриков и проводников. Диэлектрическая проницаемость и проводимость. Термодинамика диэлектриков, их магнитные свойства. Магнитное поле постоянных токов. Диа-, пара-, ферро- и антиферромагнетики. Сверхпроводники, их магнитные свойства. Сверхпроводящий ток. Критическое поле. Уравнения электромагнитных волн. Уравнения поля в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Соотношения Крамерса—Кронига. Распространение электромагнитных волн. Отражение и преломление.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Простран-

ственная дисперсия. Естественная оптическая активность. Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация второй гармоники. Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Рэлеевское рассеяние.

Тема 4.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Потенциальное обтекание тел: присоединенная масса, сила сопротивления, эффект Магнуса. Переход к турбулентности. Неустойчивости ламинарных течений. Теория Ландау—Хопфа. Типы аттракторов. Странный аттрактор. Переход к турбулентности путем удвоения периодов. Развитая турбулентность. Спектр турбулентности в вязком интервале. Колмогоровский спектр. Звуковые волны со слабой дисперсией. Уравнение КДВ. Солитоны и их взаимодействие. Одномерное движение сжимаемого газа. Характеристики. Инварианты Римана. Простая волна Римана. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Слабые разрывы. Теория сильного взрыва. Ударные волны слабой интенсивности. Уравнение Бюргерса. Бесстолкновительные ударные волны. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны. Пучковая неустойчивость: гидродинамическая и кинетическая стадии. Квазилинейная теория. Столкновения в плазме. Интеграл столкновений Ландау. Длина пробега частиц в плазме.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости. Звук. Звуковые волны. Геометрическая акустика. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание.

Тема 5.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Основные положения квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Операторы, собственные значения и собственные функции. Волновая функция, общий метод вычисления вероятностей результатов измерений. Дискретный и непрерывный спектры. Операторы координаты, импульса, момента импульса. Гамильтониан. Соотношения неопределенности. Матрица плотности. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Дифференцирование операторов по времени. Стационарные состояния. Гайзенберговское представление. Одномерное движение. свободная частица; кусочно-постоянный потенциал; туннельный эффект; гармонический осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Момент количества движения. Собственные функции и собственные значения момента количества движения. Четность. Сложение моментов. Разложение Клебша—Гордана. Движение в центральном поле. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени (простые уровни, вырожденные уровни). Возмущения, зависящие от времени, переходы под влиянием периодических возмущений и постоянного возмущения. Переходы в непрерывном спектре. Периодические и внезапные изменения состояния систем. Уравнение Дирака. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. Отрицательные энергии, позитрон. Спин электрона; оператор спина. Спин-орбитальное взаимодействие. Уравнение Паули, магнитный момент электрона.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц. Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура томных уровней. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура томных уровней. Периодическая система Менделеева. Движение в магнитном поле. Уравнение Шредингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле. Столкновения частиц. Общая теория. Формула Бора. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупру-

гих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта-Вигнера.

Тема 6.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Роль энергии. Закон возрастания энтропии. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Большое каноническое распределение Гиббса. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Термодинамические потенциалы. Системы с переменным числом частиц. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений. Термодинамика идеальных газов. Распределение Максвелла-Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ. Учет тождественности частиц. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Вырожденный идеальный ферми-газ. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Системы с различными частицами. Правило фаз. Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Флуктационно-диссипативная теорема. Условия равновесия и устойчивости. Фазовые переходы I рода. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Неидеальные газы и конденсированные среды. Фононные спектры и термодинамические свойства газа. Термодинамические свойства неидеального классического газа. Равновесие фаз. Формула Клапейрона-Клаузиса. Критическая точка. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Квантовые вихри. Твердые тела. Кристаллические структуры. Поверхность Ферми. Зонная структура. Квазичастицы. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов. Теплопроводность.

Тема 7.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Типы и симметрия твердых тел. Кристаллические структуры. Симметрия кристаллов. Свойства обратной решетки. Зона Бриллюэна. Теорема Блоха. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Акустические и оптические ветви. Модель Дебая. Удельная теплоемкость решетки. Квантование фононов. Ангармонизм и тепловое расширение. Фактор Дебая—Уоллера. Взаимодействие колебаний решетки с электромагнитной волной, эффект Мессбауэра. Зонная структура и типы связи. Квазичастицы. Статистика электронов и электронная теплоемкость. Поверхность Ферми. Кинетические явления: кинетическое уравнение; электропроводность и теплопроводность металлов. Магнетизм электронов: парамагнетизм Паули; диамагнетизм Ландау. Кинетические явления в магнитном поле. Диамагнитный и циклотронный резонанс. Открытые орбиты. Квантование орбит. Эффект де Газа–ван Альфена. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов в диэлектрике. Теплопроводность. Электрон-фононное взаимодействие и проблема полярона. Магнетизм. Обменное взаимодействие. Магнитные свойства изолированного атома. Правило Хунда. Гамильтониан Гейзенберга. Модель Хаббарда. Магнитные примеси в металле. Обменное взаимодействие через электроны проводимости (РККИ). Эффект Кондо.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Магнитный порядок. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Метод среднего поля для ферромагнетика. Доменная структура. Гистерезис ферромагнетиков. Спиновые волны (магноны). Квантовые флуктуации и спиновые волны в антиферромагнетике. Вклад магнонов в термодинамику магнетиков. Динамика магнитного момента в ферромагнетике. Уравнение Ландау-Лифшица. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Нелокальная электродинамика сверхпроводника: лондоновский и пиппардовский случай. Эффекты четности числа электронов в сверхпроводниках малых размеров. Теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Верхнее и нижнее критические поля.

Вихревая решетка. Эффект Джозефсона. Эффект близости. Флуктуационные эффекты вблизи сверхпроводящего перехода. Туннельные эффекты в сверхпроводниках. Функции Грина. Корреляционные функции. Термодинамический предел и квазисредние. Основные принципы диаграммной техники. Уравнение Дайсона. Вершинная функция. Многочастичные функции Грина. Диаграммная техника при конечных температурах. Кинетические уравнения. Динамика критических явлений. Уравнения ренормгруппы. Особенности электронных свойств систем пониженной размерности. Энергетические спектры и плотность квантовых состояний. Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе. Эффекты локализации электронов в одно- и двумерных системах, перколяционные явления.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины (модуля), так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине (модулю).

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

- Приказ Минобрнауки России от 19 ноября .2013 г. № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
- Иные нормативные правовые акты, регламентирующие общественные отношения в сфере образования;
- Устав ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
- иные локальные нормативные акты КФУ.

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

– соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);

– критерии оценивания сформированности компетенций;

– механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);

– описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;

– критерии оценивания для каждого оценочного средства;

– содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде – через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде – в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе «Электронный университет». При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Образовательный проект А.Н. Варгина - http://www.ph4s.ru/index.html
2. Библиотека Library Genesis - http://gen.lib.rus.ec
3. ЭОР на www.twirpx.com - http://www.twirpx.com/files/#category_42
4. Сайт кафедры теоретической физики КФУ - http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoj-fiziki
5. Поисковик электронных книг - http://www.poiskknig.ru
6. Сайт Научной библиотеки им. Н. И. Лобачевского - http://kpfu.ru/library
7. Электронная библиотека «Наука и техника» - http://n-t.ru
8. Научно популярный сайт «Элементы большой науки» - http://elementy.ru
9. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ - http://lib.mexmat.ru/

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	После каждой лекции аспиранту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом: • Понять и запомнить все новые определения. • Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект. • Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются). • Если лектор предписал разобрать часть материла более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать. • При возникновении каких-либо трудностей с пониманием мате-

Вид работ	Методические рекомендации
	рила рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п. Преподавание дисциплины как в форме лекционных, так и практических занятий в сочетании с интенсивной самостоятельной работой аспирантов. В процессе лекций преподаватель организует фронтальную работу аудитории по активному обсуждению учебного материала. В процессе лекции аспирант должен усвоить и законспектировать название темы, учебных вопросов и основные блоки теоретического материала, то есть, сделанные преподавателем теоретические посылки (гипотезы), их аргументацию и выводы. В случае, если какое-либо положение не совсем понятно аспиранту или представляется недостаточно убедительным, целесообразно задавать преподавателю уточняющие вопросы. Наличие у аспиранта конспекта лекции обязательно. Материалы лекции являются основой для подготовки к практическим занятиям, коллоквиуму и зачету. Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют аспиранта, показывают, что он должен знать по данной теме. Освоение дисциплины предполагает следующие направления работы: - изучение понятийного аппарата дисциплины; - изучение тем самостоятельной подготовки по учебно-тематическому плану; - работу над основной и дополнительной литературой; - работу над нормативными актами и статьями ведущих педагогов; - изучение вопросов для самоконтроля (самопроверки); - самоподготовка к практическим и другим видам занятий; - самостоятельная работа аспиранта при подготовке к экзамену; - самостоятельная работа аспиранта в библиотеке; - изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет. Требуется творческое отношение и к самой программе учебного курса. Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера. Все эти вопросы не составляют сути, понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем. Проработка лекционного курса является одной из важных активных форм самостоятельной работы. Лекция преподавателя не является озвученным учебником, а представляет плод его индивидуального творчества. Он читает свой авторский курс со своей логикой со своими теоретическими и методическими подходами. Это делает лекционный курс конкретного преподавателя индивидуально-личностным событием, которым вряд ли аспиранту стоит пренебрегать. Кроме того, в своих лекциях преподаватель стремится преодолеть многие недостатки,

Вид работ	Методические рекомендации
	присущие опубликованным учебникам, учебным пособиям, лекционным курсам. Количество часов, отведенных для лекционного курса, не позволяет реализовать в лекциях всей учебной программы. Исходя из этого, каждый лектор создает свою тематику лекций, которую в устной или письменной форме представляет аспирантам при первой встрече. В создании своего авторского лекционного курса преподаватель руководствуется двумя документами - Федеральным государственным образовательным стандартом и учебной программой. Совершенно недостаточно только слушать лекции. Аспиранту важно понять, что лекция есть своеобразная творческая форма самостоятельной работы. Надо пытаться стать 2 активным соучастником лекции: думать, сравнивать известное с вновь получаемыми знаниями, войти в логику изложения материала лектором, по возможности вступать с ним в мысленную полемику. Во время лекции можно задать лектору вопрос. Вопросы можно задать и во время перерыва (письменно или устно), а также после лекции или перед началом очередной. Лектор найдет формы и способы реагирования на вопросы аспирантов.
практические занятия	Практическое занятие - важная и обязательная форма учебного процесса, которая является дополнением к лекционной форме обучения и ее углублением. На семинары выносятся наиболее важные и сложные вопросы курса, для обсуждения которых требуется специальная подготовка аспиранта с использованием рекомендуемой учебной литературы и лекций. Подготовку к семинарскому занятию следует вести в следующем порядке: 1. Внимательно ознакомиться с планом семинара по заданной теме: с основными вопросами, затем - с вопросами для обсуждения. 2. Прочитать конспект лекции по теме семинарского занятия, отмечая материал, необходимый для изучения поставленных вопросов. 3. Обратиться к рекомендуемой учебной литературе по данной теме: в первую очередь – к основной, при необходимости углубленного изучения - к дополнительной. 4. Уделить особое внимание основным понятиям изучаемой темы, владение которыми способствует эффективному усвоению курса. 5. Осмыслить имеющиеся в данной теме формулы, которые используются для выполнения необходимых расчетов. 6. В процессе изучения темы следует подготовить тезисы или мини-конспект в тетради для практических занятий. Особенно это касается вопросов, предназначенных для самостоятельного изучения. Эти записи могут быть использованы на семинаре как подсказка при публичном выступлении, а также для работы «на месте» при подготовке к зачету. Требования к качеству подготовки аспирантов к семинарским занятиям 1. Подготовка к семинару является обязательной частью работы аспиранта и производится по всем вопросам темы, указанным в плане занятия, а не выборочно по отдельным вопросам. Сплошная подготовка способствует полноценному освоению темы и эффективной работе семинара.

Вид работ	Методические рекомендации
	2. Работа аспиранта на семинаре предполагает его высокую активность и соответствие следующим требованиям при публичном выступлении с презентацией: а) свободное устное воспроизведение подготовленного выступления по вопросам с использованием мини-конспектов в качестве вспомогательного средства. б) готовность и умение отвечать на вопросы и делать выводы из сказанного; в) временной регламент выступления 15-20 минут.
самостоятельная работа	Если часть учебного материла отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материл в отведенные им сроки. Материл следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель. Самостоятельная работа аспирантов по курсу призвана не только закреплять и углублять знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у них творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время. На первом этапе аспирант планирует свою самостоятельную работу, которая включает: - уяснение задания на самостоятельную работу; - подбор рекомендованной литературы; - составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки. Составление плана дисциплинирует и повышает организованность в работе. Второй этап включает непосредственную подготовку студента к занятиям. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы аспирант должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать работу следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. На занятиях аспиранты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по темам занятий, раскрывают и объясняют основные положения публичного выступления. В процессе творческого обсуждения и дискуссии вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода ораторской

Вид работ	Методические рекомендации
	деятельности. Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы аспирантов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику и тем самым проникнуть в творческую лабораторию автора. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у аспиранта, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе. Аспиранту важно развивать умение сопоставлять источники, продумывать изучаемый материал. Большое значение имеет совершенствование навыков конспектирования. Преподаватель может рекомендовать аспирантам следующие основные формы записи: план (простой и развернутый), выписки, тезисы. Результаты конспектирования могут быть представлены в различных формах. План – это схема прочитанного материала, краткий (или подробный) перечень вопросов, отражающих структуру и последовательность материала. Подробно составленный план вполне заменяет конспект. Конспект – это систематизированное, логичное изложение материала источника. Различаются четыре типа конспектов: ☐План-конспект – это развернутый детализированный план, в котором достаточно подробные записи приводятся по тем пунктам плана, которые нуждаются в пояснении. ☐Текстуальный конспект – это воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника. ☐Свободный конспект – это четко и кратко сформулированные (изложенные) основные положения в результате глубокого осмысливания материала. В нем могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом. ☐Тематический конспект – составляется на основе изучения ряда источников и дает более или менее исчерпывающий ответ по какой-то схеме (вопросу). При выполнении самостоятельной работы аспиранту необходимо прочитать теоретический материал не только в учебниках и учебных пособиях, указанных в библиографических списках, но и познакомиться с публикациями в периодических изданиях. Все виды самостоятельной работы и планируемые на их выполнение затраты времени в часах исходят из того, что студент достаточно активно работал в аудитории, слушая лекции и изучая материал на семинарских занятиях. По всем недостаточно понятым вопросам он своевременно получил информацию на консультациях. В случае пропуска лекций и семинарских занятий аспиранту потребуется сверхнормативное время на освоение пропущенного материала.
Экзамен	Для прохождения кандидатского экзамена по специальности, обуча-

Вид работ	Методические рекомендации
	ющемуся необходимо подать заявление на кандидатский экзамен по специальности (бланк заявления размещен на странице Центр подготовки кадров высшей квалификации КФУ, там же размещен образец заполнения). К кандидатскому экзамену по специальности совместно с научным руководителем необходимо подготовить дополнительную программу по теме выполняемой диссертации и утвердить ее на Ученом совете соответствующего института (факультета). Вид дополнительной программы приведён в Приложении к ФОС. На сайте Центра подготовки кадров высшей квалификации КФУ приведен образец дополнительной программы на кандидатский экзамен по специальности). Кандидатский экзамен по специальности проводится в форме экзамена на основе билетов. В каждом экзаменационном билете 2 вопроса по основной программе и 1 вопрос по дополнительной программе. Для успешного прохождения экзамена при подготовке к нему необходимо знать содержание лекций, а так-же пользоваться учебной литературой, рекомендуемой для подготовки по курсу в целом. Вопросы по теоретической части необходимо уметь пояснять на примерах. На экзамене дается время на подготовку, чтобы можно было составить план своего ответа. Однако при ответе на экзамене недопустимо читать по бумаге, сделанными записями можно пользоваться только в качестве плана ответа.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ:

Компьютерный класс, а также помещение для самостоятельной работы. Помещение с доступом в Интернет и ЭИОС КФУ

Оборудование:

Комплект мебели (посадочных мест), комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя 1 шт.

Компьютеры: 12 шт.

Меловая доска;

- учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья):

Помещение кафедры теоретической физики для проведения кафедральных семинаров, для самостоятельной работы студентов и аспирантов, для проведения практик, групповых и инди-

видуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации. Помещение для самостоятельной работы с доступом в ЭИОС КФУ и с возможностью подключения к сети "Интернет".

Оборудование:

Комплект мебели (посадочных мест) 13 шт.

Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя 1 шт.

Компьютеры 2 шт.

Комплект мебели для хранения учебных материалов и оборудования 1 шт.

Маркерная доска.

- компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов;

12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Приложение №1
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.06 Физика конденсированного состояния

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Институт физики

Фонд оценочных средств по дисциплине
Б1.В.06 - Физика конденсированного состояния

Направление подготовки/ специальность: 03.06.01 Физика и астрономия
Направленность (профиль) подготовки/ специализация: Теоретическая физика
Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. СООТВЕТСТВИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОК ЗА ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНУЮ АТТЕСТАЦИЮ

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА, ПОРЯДОК ИХ ПРИМЕНЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

4.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

4.1.1. Письменное домашнее задание

4.1.1.1. Порядок проведения.

4.1.1.2. Критерии оценивания

4.1.1.3. Содержание оценочного средства

4.1.2. Устный опрос

4.1.2.1. Порядок проведения.

4.1.2.2. Критерии оценивания

4.1.2.3. Содержание оценочного средства

4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.2.1. Кандидатский экзамен

4.2.1.1. Порядок проведения и процедура оценивания

4.2.1.2. Критерии оценивания

4.2.1.3. Оценочные средства

1. Соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю)

Код и наименование компетенции	**Проверяемые результаты обучения для данной дисциплины**	**Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации**
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знать - потенциальные выигрыши/проигрыши реализации альтернативных вариантов решения задач теоретической физики Владеть - навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; - навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач теоретической физики;	**Текущий контроль:** *Письменное домашнее задание* **Промежуточная аттестация:** *Кандидатский экзамен*
УК-3. Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	Знать - основные принципы работы в научных группах и малых коллективах; принципы научной организации труда в научно-исследовательском коллективе; этические нормы, принятые в научном сообществе; правила составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей. Уметь - следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-исследовательских задач. Владеть - навыками коммуникации в различных научных коллективах в сфере своей профессиональной деятельности.	**Текущий контроль:** *Устный опрос* **Промежуточная аттестация:** *Кандидатский экзамен*
ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физики конденсированного состояния с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знать - современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности. современные компьютерные технологии, используемые при поиске, регистрации (сборе), обработке и анализе информации. Уметь - выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования. владеть - навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности. - навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз банных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; - навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.	**Текущий контроль:** Письменное домашнее задание Устный опрос **Промежуточная аттестация:** *Кандидатский экзамен*
ПК-1	Знать	**Текущий контроль:**

Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; имеет представление о современном состоянии этих разделов теоретической физики. Уметь использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач. Владеть навыками решения задач теоретической физики.	*Письменное домашнее задание* *Устный опрос* **Промежуточная аттестация:** *Кандидатский экзамен*
ПК-2 Способности принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области теоретической физики	Знать теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; имеет представление о современном состоянии этих разделов теоретической физики. Уметь использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.	**Текущий контроль:** *Письменное домашнее задание* **Промежуточная аттестация:** *Кандидатский экзамен*

2. Критерии оценивания сформированности компетенций

Компетенция	Зачтено			Не зачтено
	Высокий уровень (отлично)	**Средний уровень (хорошо)**	**Низкий уровень (удовлетворительно)**	**Ниже порогового уровня (неудовлетворительно)**
УК-1	Готов и умеет оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации альтернативных вариантов решения задач теоретической физики на основе анализа научных достижений	Оценивает потенциальные выигрыши/проигрыши реализации альтернативных вариантов решения задач теоретической физики, но не полностью учитывает результаты анализа научных достижений.	При оценке потенциальных выигрышей/проигрышей реализации альтернативных вариантов решения задач теоретической физики не учитывает результаты анализ научных достижений.	Имея базовые представления о анализе научных достижений, не способен оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации альтернативных вариантов решения задач теоретической физики.
	Осуществляет использование научно-обоснованных способов анализа методологических проблем, возникающих при решении задач физики конденсированного состояния в различных как стандартных, так и нестандартных ситуациях.	Владеет использованием научно-обоснованные способы анализа методологических проблем, возникающих при решении задач физики конденсированного состояния в стандартных ситуациях, полностью аргументируя предлагаемые варианты решения.	Владеет отдельными научно-обоснованные способы анализа методологических проблем, возникающих при решении задач физики конденсированного состояния, давая не полностью аргументированное обоснование предлагаемого варианта решения.	Владеет отдельными научно-обоснованными способами анализа методологических проблем, возникающих при решении задач физики конденсированного состояния допуская отдельные ошибки
	Демонстрирует владение, сформированное на высоком уровне, навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области физики конденсированного состояния	Владеет базовыми приемами критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области физики конденсированного состояния	Демонстрирует частичные владения навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области физики конденсированного состояния без грубых ошибок	Демонстрирует низкий уровень владения навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области физики конденсированного состояния, допуская грубые ошибки
УК-3	Сформированные систематические знания основных принципов работы в научных группах и малых коллективах; принципов научной организации труда в научно-исследовательском коллективе; этические нормы, принятые в научном сообществе; правила составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и ста-	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание основных принципов работы в научных группах и малых коллективах; принципов научной организации труда в научно-исследовательском коллективе; этические нормы, принятые в научном сообществе; правила составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и ста-	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание принципов работы в научных группах и малых коллективах; принципов научной организации труда в научно-исследовательском коллективе; этические нормы, принятые в научном сообществе; правила составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей.	Фрагментарные знания принципов работы в научных группах и малых коллективах; принципов научной организации труда в научно-исследовательском коллективе; этические нормы, принятые в научном сообществе; правила составления и оформления научно-технической документации, научных

	тей.	тей.		отчетов, обзоров, докладов и статей.
	Полностью сформированное и системное умение: следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-исследовательских задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-исследовательских задач.	Демонстрирует частичные умения придерживаться норм, принятых в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-исследовательских задач.	Не придерживается норм, принятых в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-исследовательских задач
	Демонстрирует владения на высоком уровне - навыками коммуникации в различных научных коллективах в сфере своей профессиональной деятельности.	Владеет базовыми навыками коммуникации в различных научных коллективах в сфере своей профессиональной деятельности.	Демонстрирует частичные владения коммуникации в различных научных коллективах в сфере своей профессиональной деятельности.	Не владеет навыками коммуникации в различных научных коллективах в сфере своей профессиональной деятельности.
ОПК-1	Сформированные систематические знания современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности; современных компьютерных технологий, используемых при поиске, регистрации (сборе), обработке и анализе информации.	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности; современных компьютерных технологий, используемых при поиске, регистрации (сборе), обработке и анализе информации.	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности; современных компьютерных технологий, используемых при поиске, регистрации (сборе), обработке и анализе информации.	Фрагментарные знания современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности; современных компьютерных технологий, используемых при поиске, регистрации (сборе), обработке и анализе информации.
	Сформированное и системное умение: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования.	Частично освоенное, недостаточное для самостоятельной работы, умение выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования.
	Демонстрирует успешное и систематическое применение навыков поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; навыков планирования научного исследования, анализа, получаемых результатов и формулировки выводов.	Демонстрирует, в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы, применение навыков поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; навыков планирования научного исследования, анализа, получаемых результатов и формулировки выводов.	Демонстрирует в целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; навыков планирования научного исследования, анализа, получаемых результатов и формулировки выводов.	Фрагментарное применение навыков поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; навыков планирования научного исследования, анализа. получаемых результатов и формулировки выводов.
ПК-1	Сформированные систематические знания теоретических основ, основных понятий, законов	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания теоретических основ, основных по-	Общие, но не структурированные знания теоретических основ, основных понятий, законов и	Фрагментарные знания теоретических основ, основных понятий, законов и мо-

	и моделей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; отлично знаком с современным состоянием этих разделов теоретической физики.	нятий, законов и моделей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; имеет представление о современном состоянии этих разделов теоретической физики.	моделей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; не имеет широкого представления о современном состоянии этих разделов теоретической физики.	делей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; плохо ориентируется в современном состоянии этих разделов теоретической физики.
	Сформированные умения использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.	В целом успешные, но не систематически осуществляемые умения использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.	Частично освоенные умения использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.
	Демонстрирует высокий уровень владения навыками решения задач теоретической физики.	Владеет базовыми приемами и навыками решения задач теоретической физики.	Демонстрирует частичные владения навыками решения задач теоретической физики.	Демонстрирует низкий уровень владения навыками решения задач теоретической физики.
ПК-2	Сформированные систематические знания теоретических основ, основных понятий, законов и моделей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; отлично знаком с современным состоянием этих разделов теоретической физики.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания теоретических основ, основных понятий, законов и моделей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; имеет представление о современном состоянии этих разделов теоретической физики.	Общие, но не структурированные знания теоретических основ, основных понятий, законов и моделей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; не имеет широкого представления о современном состоянии этих разделов теоретической физики.	Фрагментарные знания теоретических основ, основных понятий, законов и моделей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; плохо ориентируется в современном состоянии этих разделов теоретической физики.
	Сформированные умения использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.	В целом успешные, но не систематически осуществляемые умения использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.	Частично освоенные умения использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.

3. Распределение оценок за формы текущего контроля и промежуточную аттестацию

7 семестр:

Текущий контроль:

Письменное домашнее задание

Устный опрос

Выполнение каждого оценочного средства оценивается по шкале: отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно.

Общая оценка за текущий контроль представляет собой среднее значение между полученными оценками за все оценочные средства.

Промежуточная аттестация – кандидатский экзамен

Оценка за кандидатский экзамен формируется как среднее значение оценок за выполнение всех заданий экзаменационного билета и выставляется по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Отлично (высокий уровень)

Хорошо (средний уровень)

Удовлетворительно (низкий уровень)

Неудовлетворительно (ниже порогового уровня)

Если сформированность хотя бы одной компетенции оценивается ниже порогового уровня, оценка за кандидатский экзамен – «неудовлетворительно»

Оценка за кандидатский экзамен формируется следующим образом:

Номер блока оценочных материалов	Тип оценочных материалов	Оценка
Блок 1	*Оценка за текущий контроль*	*[Отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно]*
Блок 2	*Устный ответ*	*[Отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно]*
Итоговая оценка		*Среднее значение*

В случае невозможности установления среднего значения оценки за кандидатский экзамен (например, «хорошо» или «отлично»), итоговая оценка выставляется исходя из мнения большинства членов комиссии по приему кандидатского экзамена.

4. Оценочные средства, порядок их применения и критерии оценивания

4.1. Оценочные средства текущего контроля

4.1.1. Письменное домашнее задание

4.1.1.1. Порядок проведения.

Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.

Подготовка ведется по источникам, указанным в разделе 7 и 8 Рабочей программы. В домашней работе можно выделить две составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач. Таким образом, придя домой после каждого аудиторного занятия, аспирант должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь)

те задачи, которые решал преподаватель во время занятия. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы и/или прикрепив свой отсканированный или сфотографированный вариант решения для проверки. Пропустив какое-либо занятие, аспиранту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетради какого-нибудь одногруппника; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.

4.1.1.2. Критерии оценивания

Оценка «отлично» от максимальных ставятся, если обучающийся:

Высокий уровень владения материалом по теме. Превосходное умение формулировать свои мысли. Прекрасно освоен понятийный и математический аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала.

Оценка «хорошо» от максимальных ставятся, если обучающийся:

Средний уровень владения материалом по теме. Хорошее умение формулировать свои мысли. Хорошо освоен понятийный и математический аппарат. Продемонстрирован средний уровень понимания материала.

Оценка «удовлетворительно» ставятся, если обучающийся:

Низкий уровень владения материалом по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли. Понятийный и математический аппарат освоен частично. Продемонстрирован удовлетворительный уровень понимания материала.

Оценка «неудовлетворительно» ставятся, если обучающийся:

Неудовлетворительный уровень владения материалом по теме. Неумение формулировать свои мысли. Понятийный и математический аппарат не освоен. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень понимания материала.

4.1.1.3. Содержание оценочного средства

Примерные варианты письменных домашних заданий. Материал берется из источников, указанных в разделе 7 и 8 Рабочей программы.

Тема 1.

примерные вопросы:

Симметрии. Теорема Нетер. Резонанс и параметрический резонанс. Колебания при наличии трения. Физические особенности нелинейных колебаний. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлеровы углы и уравнение Эйлера. Канонические преобразования, фазовое пространство, теорема Лиувилля, уравнение. Гамильтона—Якоби, разделение переменных. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.

Тема 2.

примерные вопросы:

Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Поляризационные характеристики излучения. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. По-

тенциалы Лиенара—Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Мультипольное излучение. Излучение быстродвижущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.

Тема 3.

примерные вопросы:

Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность. Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация второй гармоники. Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Рэлеевское рассеяние.

Тема 4.

примерные вопросы:

Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Основы теории упругости; упругие волны. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости (Навье-Стокса). Диссипация энергии в несжимаемой жидкости. Звуковые волны. Геометрическая акустика. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. Н-теорема. Теплопроводность и вязкость газов. Симметрии кинетических коэффициентов. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера—Планка. Бесстолкновительная плазма. Уравнения Власова. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Затухание Ландау.

Тема 5.

примерные вопросы:

Квазиклассическое приближение. Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц. Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле. Атом гелия. Молекула водорода. Уравнение Томаса—Ферми. Тонкая структура атомных уровней. Эффект Штарка. Эффект Зеемана. Периодическая система Менделеева. Движение в магнитном поле. Уравнение Шредингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле. Теория рассеяния.

Тема 6.

примерные вопросы:

Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. Свойства вещества при больших плотностях. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе—Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела. Основы неравновесной термодинамики: законы сохранения, потоки и термодинамические силы; соотношения взаимности Онзагера; уравнения неравновесной термодинамики. Случайные стационарные марковские процессы; уравнения Смолуховского; уравнения Фоккера-Планка; броуновское движение. Линейная реакция системы на внешнее возмущение.

Тема 7.

примерные вопросы:

Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина—Купера—Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Нелокальная электродинамика сверхпроводника: лондоновский и пиппардовский случай. Эффекты четности числа электронов в сверхпроводниках малых размеров. Теория сверхпроводимости Гинзбурга—Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Верхнее и нижнее критические поля. Вихревая решетка. Эффект Джозефсона. Эффект близости. Флуктуационные эффекты вблизи сверхпроводящего перехода. Туннельные эффекты в сверхпроводниках. Неидеальный бозе-газ. Симметрия волновой функции системы бозонов, бозе-конденсат. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Основные принципы диаграммной техники. Уравнение Дайсона. Вершинная функция. Многочастичные функции Грина.

Самостоятельная работа проводится с помощью конспектов, а также источников, приведенных в пп.7-8 рабочей программы дисциплины.

По каждой из 7 тем выполняется 7 домашних задания. Каждый аспирант письменно отвечает на 2 вопроса из приведенного выше списка по материалам проведенных лекций и самостоятельного изучения тем дисциплины.

4.1.2. Устный опрос

4.1.2.1. Порядок проведения.

Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с подготовленными докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.

Самостоятельная работа проводится с помощью конспектов, а также источников, приведенных в пп.7-8 рабочей программы дисциплины

4.1.2.2. Критерии оценивания

Оцениваются уровень подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию.

Оценка «Отлично» ставятся, если обучающийся:

Превосходный уровень владения материалом. Высокий уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения полностью соответствуют поставленным задачам. Использованы надлежащие источники и методы.

Оценка «Хорошо» ставятся, если обучающийся:

Хороший уровень владения материалом. Средний уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения в основном соответствуют поставленным задачам. Использованные источники и методы в основном соответствуют поставленным задачам.

Оценка «Удовлетворительно» ставятся, если обучающийся:

Удовлетворительный уровень владения материалом. Низкий уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения слабо соответствуют поставленным задачам. Использованные источники и методы частично соответствуют поставленным задачам.

Оценка «неудовлетворительно» ставятся, если обучающийся:

Неудовлетворительный уровень владения материалом. Неудовлетворительный уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения не соответствуют поставленным задачам. Использованные источники и методы не соответствуют поставленным задачам.

4.1.2.3. Содержание оценочного средства

Примерные варианты тем для устного опроса. Материал берется из источников, указанных в разделе 7 и 8 Рабочей программы.

- Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, движение в центральном поле.
- Распад частиц, упругие столкновения. Формула Резерфорда.
- Свободные и вынужденные одномерные колебания.
- Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
- Магнитная гидродинамика.
- Поле зарядов и токов в вакууме: уравнения Максвелла; скалярный и векторный потенциалы. Калибровочная инвариантность; электрическое поле; стационарное магнитное поле. Запаздывающие потенциалы.
- Теория рассеяния. Амплитуда и фаза рассеяния. Борновское приближение. Формула Резерфорда. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта—Вигнера.
- Слабые растворы. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Химические реакции. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Ионизационное равновесие.
- Неидеальные газы, термодинамические свойства.
- Особенности электронных свойств систем пониженной размерности. Энергетические спектры и плотность квантовых состояний. Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе. Эффекты локализации электронов в одно- и двумерных системах, перколяционные явления.
- Динамика критических явлений. Уравнения ренормгруппы.
- Квантовая теория поля.

Каждый аспирант за семестр должен подготовить один доклад, который максимально полно должен раскрыть содержание вопроса. Краткие сообщения, дополнения, участие в дискуссии и ответы на вопросы преподавателя в течение семестра суммарно влияют на оценку за устный опрос.

4.2. Оценочные средства промежуточной аттестации

4.2.1. Кандидатский экзамен

4.2.1.1. Порядок проведения.

Кандидатский экзамен по специальности проводится в форме экзамена на основе билетов. В каждом экзаменационном билете 2 вопроса по основной программе и 1 вопрос по дополнительной программе. Дополнительная программа утверждается на Ученом совете Института физики для каждого аспиранта персонально со списком вопросов по теме диссертационного исследования аспиранта (образец дополнительной программы в Приложении 1 к ФОС) Подготовка к ответу составляет 1 академический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов.

Оценка за кандидатский экзамен формируется как среднее значение оценок за выполнение всех заданий экзаменационного билета и выставляется по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

4.2.1.2. Критерии оценивания.

Шифр и расшифровка компетенции	Проверяемые результаты обучения, раскрываемые заданием / блоком заданий / параметром выполнения задания	Задание / блок заданий / параметр выполнения задания	Критерии оценивания			
			Высокий уровень, отлично ставятся в случае, если:	**Средний уровень, хорошо ставятся в случае, если:**	**Низкий уровень, удовлетворительно ставятся в случае, если:**	**Ниже порогового уровня, неудовлетворительно ставятся в случае, если:**
УК-1	Знать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации альтернативных вариантов решения задач теоретической физики; Владеть научно-обоснованными способами анализа методологических проблем, возникающих при решении задач теоретической физики; Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области теоретической физики	Блок 1. Оценка текущего контроля Блок 2. Устный ответ.	Корректно и обоснованно применяются научные способы анализа проблем, возникающих при решении задач теоретической физики, с использованием альтернативных вариантов.	Корректно, но не обоснованно выбраны научные способы анализа проблем, возникающих при решении задач теоретической физики	Не может оценить потенциальные достоинства и недостатки реализации альтернативных вариантов решения задач теоретической физики	Не знает современные методы исследования в области теоретической физики
УК-3	Знать основные принципы работы в научных группах и малых коллективах; принципы научной организации труда в научно-исследовательском коллективе; этические нормы, принятые в научном сообществе; правила составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей.	Блок 1. Оценка текущего контроля Блок 2. Устный ответ.	Уверенно и свободно владеет навыками коммуникации в научно-исследовательском коллективе; правилами составления отчета, доклада; соблюдает эти-	Способен к профессиональной коммуникации, но не уверенно владеет правилами составления отчета, доклада; соблюдает этические нормы, приня-	Испытывает трудности в осуществлении профессиональной коммуникации, соблюдает этические нормы, принятые в научном сообществе; владе-	Не способен к профессиональной коммуникации, не владеет навыками составления отчета, доклада.

	Уметь следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-исследовательских задач. Владеть навыками коммуникации в различных научных коллективах в сфере своей профессиональной деятельности.		ческие нормы, принятые в научном сообществе.	тые в научном сообществе.	ет правилами составления отчета, доклада.	
ОПК-1	Знать современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности, современные компьютерные технологии, используемые при поиске, регистрации (сборе), обработке и анализе информации. Уметь выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования. Владеть навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности. навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз банных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; навыками планирования научного исследования, анализа. получаемых результатов и формулировки выводов;	Блок 1. Оценка текущего контроля Блок 2. Устный ответ.	Уверенно и свободно использует информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности при поиске и анализе информации; безошибочно и компетентно выбирает в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования; имеет успешный опыт представления и	Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии в выбранной сфере деятельности, при поиске и анализе информации; выбирает, иногда совершая ошибки, экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования; имеет некоторый опыт представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.	Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии в выбранной сфере деятельности, при поиске и анализе информации; затрудняется в самостоятельном выборе экспериментальных и расчетно-теоретических методов исследования; имеет недостаточный опыт продвижения результатов интеллектуальной деятельности.	Не ориентируется информационно-коммуникационных технологиях в выбранной сфере деятельности, при поиске и анализе информации; затрудняется в самостоятельном выборе экспериментальных и расчетно-теоретических методов исследования; имеет недостаточный опыт продвижения результатов интеллектуальной деятельности.

			продвижения результатов интеллектуальной деятельности.			
ПК-1	Знать теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; имеет представление о современном состоянии этих разделов теоретической физики. Уметь использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач. Владеть навыками решения задач теоретической физики.	Блок 1. Оценка текущего контроля Блок 2. Устный ответ.	Владеет широкими, энциклопедическими знаниями в области теоретической физики с использованием современных вычислительных средств; способен охарактеризовать актуальное научное направление, предложить план работ, подготовить научную работу, выполнить анализ полученных результатов, сформулировать выводы и рекомендаций по направленности	Владеет уверенными знаниями вычислительных исследований в области теоретической физики с использованием вычислительных средств; способен охарактеризовать актуальное научное направление, предложить план работ, выполнить анализ полученных результатов, сформулировать выводы	Проявляет способность к проведению научно-исследовательской работы, но не умеет разрабатывать и реализовывать научные исследования в области теоретической физики	Проявляет способность планировать физические исследования.
ПК-2	Знать теоретические основы, основные понятия, законы и модели меха-	Блок 1. Оценка текущего контроля	Показано знание и применение современ-	Представлено знание современных теоре-	Представлено поверхностное знание теоре-	Не представлена информация о современных

	ники, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; имеет представление о современном состоянии этих разделов теоретической физики. Уметь использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.	Блок 2. Устный ответ.	ных теоретических основ, основных понятий, законов и моделей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; понимание о современном состоянии этих разделов теоретической физики.	тических основ, основных понятий, законов и моделей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; понимание о современном состоянии этих разделов теоретической физики.	тических основ, основных понятий, законов и моделей механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния	методах научных исследований в области теоретической физики

4.2.1.3. Оценочные средства.

Вопросы основной программы кандидатского экзамена по специальности по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, направленности Теоретическая физика (первый вопрос)

1. Механика

1. Уравнения движения. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа. Симметрии. Теорема Нетер. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.
2. Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, приведенная масса, движение в центральном поле.
3. Распад частиц, упругие столкновения. Сечение рассеяния частиц, формула Резерфорда.
4. Малые колебания. Свободные и вынужденные одномерные колебания, параметрический резонанс. Колебания систем со многими степенями свободы, полярные координаты. Колебания при наличии трения.
5. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлеровы углы и уравнение Эйлера.
6. Канонические уравнения, уравнение Гамильтона, скобки Пуассона, действие как функция координат, теорема Лиувилля, уравнение. Гамильтона-Якоби, разделение переменных.
7. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.
8. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.

2. Теория поля

1. Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.
2. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
3. Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
4. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.
5. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстродвижущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.
6. Движение частицы в гравитационном поле. Метрика. Ковариантное дифференцирование. Символы Кристоффеля. Действие для частицы в гравитационном поле.
7. Уравнения гравитационного поля. Тензор кривизны. Действие для гравитационного поля. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна.
8. Нерелятивистский предел уравнений Эйнштейна. Закон Ньютона. Центрально-симметричное гравитационное поле. Метрика Шварцшильда. Гравитационный коллапс.
9. Наблюдаемые эффекты ОТО в ньютоновом и постньютоновом приближении (гравитационное красное смещение, отклонение луча света, задержка сигнала, прецессия гироскопа, прецессия орбит планет). Гравитационные линзы.

10. Релятивистская космология. Открытая, закрытая и плоская модели. Закон Хаббла. Расширение Вселенной на радиационно-доминированной, пылевидной и вакуум-доминированной стадиях.
11. Физические процессы в ранней Вселенной. Закалка нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Рекомбинация, реликтовые фотоны.

3. Электродинамика сплошных сред

1. Электростатика диэлектриков и проводников. Диэлектрическая проницаемость и проводимость. Термодинамика диэлектриков. Магнитные свойства. Постоянное магнитное поле. Магнитное поле постоянных токов. Термодинамические соотношения. Диа-, пара-, ферро- и антиферромагнетики.
2. Сверхпроводники. Магнитные свойства. Сверхпроводящий ток. Критическое поле.
3. Уравнения электромагнитных волн. Уравнения поля в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Соотношения Крамерса-Кронига. Плоская монохроматическая волна. Распространение электромагнитных волн. Отражение и преломление. Принцип взаимности.
4. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность.
5. Магнитная гидродинамика. МГД волны. Проблема динамо.
6. Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация второй гармоники.
7. Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Рэлеевское рассеяние.

4. Механика сплошных сред и физическая кинетика

1. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное обтекание тел: присоединенная масса, сила сопротивления, эффект Магнуса.
2. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.
3. Переход к турбулентности. Неустойчивости ламинарных течений. Теория Ландау-Хопфа. Типы аттракторов. Странный аттрактор. Переход к турбулентности путем удвоения периодов. Развитая турбулентность. Спектр турбулентности в вязком интервале. Колмогоровский спектр.
4. Звук. Звуковые волны. Геометрическая акустика.
5. Одномерное движение сжимаемого газа. Характеристики. Инварианты Римана. Простая волна Римана. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Слабые разрывы. Теория сильного взрыва.
6. Ударные волны слабой интенсивности. Уравнение Бюргерса.
7. Звуковые волны со слабой дисперсией. Уравнение КДВ. Солитоны и их взаимодействие. Бесстолкновительные ударные волны.
8. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание.
9. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема. Теплопроводность и вязкость газов. Симметрии кинетических коэффициентов. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка.
10. Бесстолкновительная плазма. Уравнения Власова. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Затухание Ландау. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны. Пучковая неустойчивость: гидродинамическая и кинетическая стадии. Квазилинейная теория.
11. Столкновения в плазме. Интеграл столкновений Ландау. Длина пробега частиц в плазме.

5. Квантовая механика

1. Основные положения квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Операторы. Дискретный и непрерывный спектры. Гамильтониан. Стационарные состояния. Гейзенберговское представление. Соотношения неопределенности.
2. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Прохождение через барьер.
3. Момент количества движения. Собственные функции и собственные значения момента количества движения. Четность. Сложение моментов. Разложение Клебша-Гордана.
4. Движение в центральном поле. Сферические волны. Разложение плоской волны. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода.
5. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени. Периодические возмущения. Квазиклассическая теория возмущений.
6. Уравнение Дирака. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. Отрицательные энергии, позитрон. Спин электрона; оператор спина. Спин-орбитальное взаимодействие. Уравнение Паули, магнитный момент электрона.
7. Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц.
Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие.
8. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура томных уровней. Периодическая система Менделеева.
9. Движение в магнитном поле. Уравнение Шредингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле.
10. Столкновения частиц. Общая теория. Формула Бора. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта-Вигнера.

6. Статистическая физика

1. Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Роль энергии. Закон возрастания энтропии. Микроканоническое распределение. Распределение Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
2. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Термодинамические потенциалы. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. Системы с переменным числом частиц. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений.
3. Термодинамика идеальных газов. Распределение Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.
4. Распределение Ферми и Бозе. Вырожденный идеальный ферми-газ. Свойства вещества при больших плотностях. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела.
5. Неидеальные газы и конденсированные среды. Фононные спектры и термодинамические свойства газа. Термодинамические свойства неидеального классического газа.
6. Равновесие фаз. Формула Клапейрона-Клаузиса. Критическая точка.
7. Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Химические реакции. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Ионизационное равновесие.
8. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Квантовые вихри.
9. Твердые тела. Кристаллические структуры. Поверхность Ферми. Зонная структура. Квазичастицы.

10. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов. Теплопроводность.
11. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера(БКШ). Теория Лондонов. Теория Гинзбурга-Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Эффект Джозефсона.
12 Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Симметрии кинетических коэффициентов. Флуктационно-диссипативная теорема.
13. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.

Раздел для специалистов по теории твердого тела

7. Теория конденсированного состояния

1. Неидеальный бозе-газ. Симметрия волновой функции системы бозонов,
бозе-конденсат. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Двухжидкостное описание. Критерий Ландау. Теория Фейнмана. Квантовые вихри. Корреляции в положении частиц бозе-газа.
2. Типы и симметрия твердых тел. Кристаллические структуры. Симметрия кристаллов. Свойства обратной решетки. Зона Бриллюэна. Теорема Блоха.
3. Зонная структура и типы связи. Квазичастицы. Электронная теплоемкость.
4. Поверхность Ферми. Диамагнитный и циклотронный резонанс. Открытые орбиты. Квантование орбит. Эффект де Гааза-ван Альфена.
5. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Акустические и оптические ветви. Модель Дебая. Удельная теплоемкость решетки. Квантование фононов. Ангармонизм и тепловое расширение. Фактор Дебая- Уоллера.
6. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов в диэлектрике. Теплопроводность. Электрон-фононное взаимодействие и проблема полярона.
7. Магнетизм. Обменное взаимодействие. Магнитные свойства изолированного атома. Правило Хунда. Гамильтониан Гейзенберга. Модель Хаббарда. Природа магнетизма металлов. Спиновый парамагнетизм Паули и орбитальный диамагнетизм Ландау. Магнитные примеси в металле. Обменное взаимодействие через электроны проводимости (РККИ). Эффект Кондо.
8. Магнитный порядок. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Метод среднего поля для ферромагнетика. Доменная структура. Гистерезис ферромагнетиков. Спиновые волны (магноны). Квантовые флуктуации и спиновые волны в антиферромагнетике. Вклад магнонов в термодинамику магнетиков. Динамика магнитного момента в ферромагнетике. Уравнение Ландау-Лифшица.
9. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Нелокальная электродинамика сверхпроводника: лондоновский и пиппардовский случай. Эффекты четности числа электронов в сверхпроводниках малых размеров.
10. Теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Верхнее и нижнее критические поля. Вихревая решетка. Эффект Джозефсона. Эффект близости. Флуктуационные эффекты вблизи сверхпроводящего перехода. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.
11. Функции Грина. Корреляционные функции. Термодинамический предел и квазисредние. Основные принципы диаграммной техники. Уравнение Дайсона. Вершинная функция. Многочастичные функции Грина. Диаграммная техника при конечных температурах. Кинетические уравнения.
12. Динамика критических явлений. Уравнения ренормгруппы.

13. Особенности электронных свойств систем пониженной размерности. Энергетические спектры и плотность квантовых состояний. Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе. Эффекты локализации электронов в одно- и двумерных системах, перколяционные явления.

Раздел для специалистов по теории элементарных частиц
и физике высоких энергий

8. Квантовая теория полей

1. Квантование свободных полей. Симметрии лагранжиана и теорема Нетер. Алгебра токов. Дискретные симметрии. CPT теорема и связь спина со статистикой.
2. Квантовая электродинамика. Правила Фейнмана. Перенормировки. Тождества Уорда-Такахаши.
3. Квантовоэлектродинамические расчеты: Комптон-эффект, e^+e^- аннигиляция, рождение пар. Тормозное излучение и инфракрасная катастрофа. Аномальный магнитный момент электрона. Лэмбовский сдвиг.
4. Представление Челлена--Лемана. Формула Лемана-Симанчика-Циммермана. Аналитические свойства амплитуд рассеяния. Правила Куткоского. Правила Ландау для особенностей фейнмановских диаграмм.
5. Ренормгруппа. β-функция и аномальные размерности. Операторное разложение. Аномальные размерности составных операторов.
6. Калибровочные теории поля. Квантование по Фаддееву-Попову и духи. Тождества Славнова-Тейлора. Квантовая хромодинамика и асимптотическая свобода.
7. Спонтанное нарушение симметрии, теорема Голдстоуна, явление Хиггса.
8. Кварковая модель. Спектроскопия адронов и составляющие кварки. Чармоний, боттомоний.
9. КХД и киральная симметрия сильных взаимодействий. Частичное сохранение аксиального тока. Пионы как голдстоуновские частицы. Киральная аномалия Адлера-Белла-Джакива.
10. Стандартная модель. W- и Z-бозоны, их распады. Хиггсовский бозон. Поколения лептонов и кварков. Матрица Каббибо-Кобаяши-Маскава.
11. β-распад нейтрона, распад мюона, распады тяжелых кварков. Нелептонные слабые распады.
12. Нарушение CP инвариантности. Осцилляции нейтральных каонов итяжелых мезонов.
13. Глубоконеупругое рассеяние и партонная модель. Нарушение скейлинга и уравнения эволюции Грибова-Липатова-Докшицера-Алтарелли-Паризи. e^+e^- аннигиляция в адроны. Рождение адронных струй и существование глюонов.
14. Топологические свойства теории поля. Инстантоны. Монополи 't~Хоофта-Полякова. Действие Новикова-Весса-Зумино-Виттена.
15. Вне стандартной модели: великое объединение, распад протона, осцилляции нейтрино.
16. Суперсимметрия. Суперполя. Суперсимметричные лагранжианы.
Формализм Бекки-Руэ-Стора-Тютина. Теоремы об отсутствии перенормировок.
17. Физика частиц и ранняя Вселенная. Космологические фазовые переходы. Темная материя, ограничения на свойства массивных нейтрино.
18. Фазовые переходы в КХД. Кварк-глюонная плазма.

Приложение 1.

О Б Р А З Е Ц

УТВЕРЖДАЮ
Председатель Ученого Совета
Института физики

_____
ФИО

_____
(подпись)

Протокол № ____ от «___» _____ 20__ г.

Дополнительная программа

Для сдачи кандидатского экзамена по специальности _____
_____
(шифр и наименование специальности)

аспиранта (соискателя) кафедры _____
_____
(ФИО аспиранта, соискателя)

Тема диссертации: « _____»

Вопросы:

1. _____

2. _____

….

15. _____

Литература

1. _____
2. _____

….

10. _____

Научный руководитель Ф.И.О
(уч.степень, уч.звание, должность)

Соискатель Ф.И.О

Рассмотрено на заседании кафедры ….
Протокол № ____ от _____20__ г.

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.06 Теоретическая физика

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки/ специальность: 03.06.01 Физика и астрономия
Направленность (профиль) подготовки/ специализация: Теоретическая физика
Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Основная литература:

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 1: Механика — 2007. — 224 с. — ISBN 978-5-9221-0819-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2231 (дата обращения: 03.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 8-е изд., стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 2: Теория поля - 2006. - 536 с. - ISBN 5-9221-0056-4. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/2236 (дата обращения: 02.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 4-е изд., стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 4: Квантовая электродинамика. - 2006. - 720 с. - ISBN 5-9221-0058-0. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/2237 (дата обращения: 02.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 7: Теория упругости — 2007. — 264 с. — ISBN 978-5-9221-0122-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2233 (дата обращения: 03.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 4-е изд., стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 8: Электродинамика сплошных сред - 2005. - 656 с. - ISBN 5-9221-0123-4. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/2234 (дата обращения: 02.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Кочелаев, Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев. - 2-е изд., перераб., доп. и испр. - Казан. федер. ун-т, Ин-т физики, Каф. теорет. физики. - Казань: Казанский университет, 2013. - 222 с. - Текст: электронный. - URL: http://kpfu.ru/portal/docs/F1738320152/Quantum_Theory.pdf (дата обращения: 02.04.2020). – Режим доступа: открытый.
7. https://znanium.com/catalog/product/1086292 (дата обращения: 02.04.2020). – Режим доступа: по подписке.
8. Абрикосов, А. А. Основы теории металлов : учебное пособие / А. А. Абрикосов. — 2-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 600 с. — ISBN 978-5-9221-1097-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2093 (дата обращения: 16.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Степаньянц, К. В. Классическая теория поля: учебное пособие / К. В. Степаньянц. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 544 с. - ISBN 978-5-9221-1082-2. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/2328 (дата обращения: 16.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
10. Вайнберг, С. Квантовая теория поля / С. Вайнберг ; под редакцией В. Ч. Жуковского ; перевод с английского В. Ч. Жуковского. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 1 : Общая теория - 2015. - 648 с. - ISBN 978-5-9221-1620-6. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/91164 (дата обращения: 16.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей
11. Кочелаев, Б.И. Основы квантовой теории твердого тела: учебное пособие / Б.И. Кочелаев. - Долгопрудный: Интеллект, 2019. - 288 с. - ISBN 978-5-91559-272-7. - Текст: электронный. - URL:

Дополнительная литература

1. Ландау, Л. Д. Курс теоретической физики: учебное пособие для вузов. В 10 т. Т. 5. Статистическая физика. В 2 ч. Ч.1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 616 с. — ISBN 978-5-9221-0054-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2230 (дата обращения: 03.04.2020) — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 5-е изд., стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 6: Гидродинамика - 2001. - 736 с. - ISBN 5-9221-0121-8. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/2232 (дата обращения: 02.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 4-е изд., стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 9: Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния. - 2004. - 496 с. - ISBN 5-9221-0296-6. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/2235 (дата обращения: 02.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Учайкин, В. В. Механика. Основы механики сплошных сред: учебник / В. В. Учайкин. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2017. - 860 с. - ISBN 978-5-8114-2235-7. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/91899 (дата обращения: 02.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Учайкин, В. В. Механика. Основы механики сплошных сред. Задачи с указаниями и ответами : учебное пособие / В. В. Учайкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-2803-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/101845 (дата обращения: 02.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Каликинский, И. И. Электродинамика : учебное пособие / И. И. Каликинский. — 3-е изд-е, перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 159 с. — (Высшее образование: Магистратура). - ISBN 978-5-16-006771-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1062336 (дата обращения: 02.04.2020). – Режим доступа: по подписке.
7. Березин, Ф. А. Введение в суперанализ / Ф. А. Березин ; под редакцией Д. А. Лейтеса. - Москва: МЦНМО, 2013. - 432 с. - ISBN 978-5-4439-2152-5. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/56394 (дата обращения: 16.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Нигматулин, Р.И. Механика сплошной среды, Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика: учебник для аспирантов высших учебных заведений / Р.И. Нигматулин // М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014.—639 с. (43 экз.)
9. Ковалёв, В. А. Элементы теории поля: вариационные симметрии и геометрические инварианты: руководство / В. А. Ковалёв, Ю. Н. Радаев. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 160 с. -

ISBN 978-5-9221-1177-5. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/2213 (дата обращения: 16.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики: учебное пособие / Д. И. Блохинцев. - 7-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2004. - 672 с. - ISBN 978-5-8114-0554-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/619 (дата обращения: 02.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
11. Ансельм, А. И. Основы статистической физики и термодинамики: учебное пособие / А. И. Ансельм. - 2-е изд. - Санкт-Петербург: Лань, 2007. - 448 с. - ISBN 978-5-8114-0756-9. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/692 (дата обращения: 02.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
12. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - 3-е изд. (эл.). - Москва: Лаборатория знаний, 2015. - 296 с. - ISBN 978-5-9963-2960-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/70766 (дата обращения: 02.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
13. Васильев, А. Н. Классическая электродинамика: учебное пособие / Васильев А.Н., - 2-е изд., стереотипное. - СПб: БХВ-Петербург, 2010. - 276 с.ISBN 978-5-9775-0343-3. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/350602 (дата обращения: 02.04.2020). – Режим доступа: по подписке.
14. Леушин А.М.Теоретическая физика. Механика (практический курс). Задачник для физиков / Леушин А.М., Нигматуллин Р.Р., Прошин Ю.Н. - [Электронный ресурс]. - Казань: Казан. ун-т, 2015. - 250 с. - URL: http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/32292 (дата обращения: 02.04.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
15. Цвелик, А. М. Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния / А. М. Цвелик. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 320 с. - ISBN 5-9221-0237-0. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/2714 (дата обращения: 16.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
16. Борисёнок, С. В. Квантовая статистическая механика : учебное пособие / С. В. Борисёнок, А. С. Кондратьев. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 136 с. — ISBN 978-5-9221-1277-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2672 (дата обращения: 16.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
17. Еремин, М. В. Микроскопические модели в конденсированных средах. Учебное пособие. / М. В. Еремин // Казань: Изд. КГУ, 2011, - 113с. Текст: электронный. – URL: http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc (дата обращения: 01.05.2020). – Режим доступа: открытый.
18. Гантмахер, В. Ф. Электроны в неупорядоченных средах : учебное пособие / В. Ф. Гантмахер. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 232 с. — ISBN 5-9221-0578-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2156 (дата обращения: 16.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.06 Теоретическая физика

Перечень информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки/ специальность: 03.06.01 Физика и астрономия
Направленность (профиль) подготовки/ специализация: Теоретическая физика
Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

1. Операционная система Microsoft Windows 7/8/10 Профессиональная.
2. Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010
3. Браузер Mozilla Firefox
4. Браузер Google Chrome
5. Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC
6. Kaspersky Endpoint Security для Windows
7. Электронная библиотечная система «ZNANIUM.COM»
8. Электронная библиотечная система Издательства «Лань»
9. Электронная библиотечная система «Консультант студента»