



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

**Физический факультет**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине  
Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки  
Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика  
Подготовка кадров высшей квалификации

Версия документа - 2

стр. 1 из 26

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе

И.В. Бычков

« 12 »

05

2022 г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки

Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика

**Подготовка кадров высшей квалификации**

Челябинск, 2022

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 2 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине разработана кафедрой общей и теоретической физики в соответствии с паспортом научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика.

Разработчики:

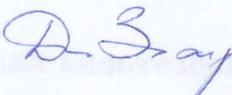
Зав. кафедрой общей и теоретической физики,  
 доктор физико-математических наук, доцент \_\_\_\_\_ А.Е. Майер

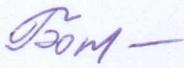
Программа одобрена на заседании кафедры общей и теоретической физики  
 от « 21 » апреля 2022 г., протокол № 07.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Е. Майер

Программа принята на заседании Ученого совета физического факультета  
 от « 28 » апреля 2022 г., протокол № 07.

Согласовано

И.о. декана физического факультета  Д.А. Захарьевич

Зав. отделом аспирантуры  
 и докторантуры  Н.В. Бочкарева

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 3 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

### Общие положения

Кандидатские экзамены являются основной частью аттестации научных и научно-педагогических кадров. Цель экзамена – установить глубину профессиональных знаний прикрепленного лица (далее – соискатель ученой степени кандидата наук, соискатель), уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Программа включает вопросы по разделам: механика, теория поля, электродинамика сплошных сред, механика сплошных сред и физическая кинетика, квантовая механика, статистическая физика, теория конденсированного состояния (для специалистов по теории твердого тела), квантовая теория полей (для специалистов по теории элементарных частиц и физике высоких энергий).

На экзамене кандидатского минимума по специальности 01.04.02 Теоретическая физика соискатель ученой степени кандидата наук должен продемонстрировать владение методами решения задач теоретической физики, включая знание основных теорий и концепций всех разделов дисциплины. Он также должен показать умение использовать теории и методы физики для анализа современных проблем теоретической физики и избранной области предметной специализации.

От соискателя требуется четко, емко и кратко изложить теоретический материал, владеть соответствующей терминологией и проявить это в ответах.

В реферате должны быть освещены проблемные аспекты темы, даны ссылки на работы известных специалистов, свой взгляд на проблему и возможные пути ее решения. Изложение проблемы в реферате рекомендуется связать с темой диссертационного исследования.

При подготовке к кандидатскому экзамену и его сдаче в исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии.

#### **В результате освоения соискатель должен:**

- **знать:** основные понятия и методы теоретической физики;
- **уметь:** формулировать задачи теоретической физики, применять математический аппарат теоретической физики, трактовать полученные результаты;
- **владеть:** представлениями об основных применениях теоретической физики, навыками решения конкретных физических задач;
- **иметь опыт деятельности:** постановке задач исследования в области

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 4 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

теоретической физики.

### Процедура кандидатского экзамена

Экзамен программы проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса. Кроме того, на экзамене могут быть заданы дополнительные вопросы. Экзамен подразумевает также собеседование по содержанию полностью или частично подготовленного кандидатского исследования.

На экзамене соискатель представляет реферат и защищает его.

За экзамен выставляется единая оценка.

### Разделы, темы

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
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	Классическая и квантовая теория	1. Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля.



**Физический факультет**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине  
Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки  
Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика  
Подготовка кадров высшей квалификации

Версия документа - 2

стр. 5 из 26

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	поля	<p>Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>4. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.</p> <p>5. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстро движущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.</p> <p>6. Движение частицы в гравитационном поле. Метрика. Ковариантное дифференцирование. Символы Кристоффеля. Действие для частицы в гравитационном поле.</p> <p>7. Уравнения гравитационного поля. Тензор кривизны. Действие для гравитационного поля. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна.</p> <p>8. Нерелятивистский предел уравнений Эйнштейна. Закон Ньютона. Центральное-симметричное гравитационное поле. Метрика Шварцшильда. Гравитационный коллапс.</p> <p>9. Теория фундаментальных взаимодействий. Изучение явлений на малых масштабах и при больших энергиях. Объединенные модели фундаментальных взаимодействий. Разработка математических методов теории поля. Супергравитация и теория суперструн, модели с дополнительными измерениями, AdS/CFT соответствие, голографические модели.</p>
3	Свойства материи и пространства-времени во Вселенной. Релятивистская астрофизика.	<p>1. Классическая и квантовая космология и гравитация. Свойства вакуума, темная энергия.</p> <p>2. Общая теория относительности и ее расширения. Наблюдаемые эффекты ОТО в ньютоновом и постньютоновом приближении (гравитационное красное смещение, отклонение луча света, задержка сигнала, прецессия гироскопа, прецессия орбит планет). Гравитационные линзы.</p> <p>3. Релятивистская космология. Открытая, закрытая и плоская модели. Закон Хаббла. Расширение Вселенной на радиационно-доминированной, пылевидной и вакуум-доминированной</p>



**Физический факультет**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине  
Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки  
Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика  
Подготовка кадров высшей квалификации

Версия документа - 2

стр. 6 из 26

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		стадиях. 4. Физические процессы в ранней Вселенной. Закалка нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Рекомбинация, реликтовые фотоны. 5. Релятивистская астрофизика.
4	Стандартная модель фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и ее расширения	1. Стандартная модель фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и ее расширения, в том числе обусловленные проблемой темной материи, физикой нейтрино и другими феноменологическими проблемами.
5	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.
6	Физика конденсированного состояния вещества	Теория конденсированного состояния. Изучение различных состояний вещества и физических явлений в них. Теория фазовых переходов.
7	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



**Физический факультет**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине  
Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки  
Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика  
Подготовка кадров высшей квалификации

Версия документа - 2

стр. 7 из 26

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		<p>аттрактор. Переход к турбулентности путем удвоения периодов. Развитая турбулентность. Спектр турбулентности в вязком интервале. Колмогоровский спектр.</p> <p>4. Звук. Звуковые волны. Геометрическая акустика.</p> <p>5. Одномерное движение сжимаемого газа. Характеристики. Инварианты Римана. Простая волна Римана. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Слабые разрывы. Теория сильного взрыва.</p> <p>6. Ударные волны слабой интенсивности. Уравнение Бюргерса.</p> <p>7. Звуковые волны со слабой дисперсией. Уравнение КДВ. Солитоны и их взаимодействие. Бесстолкновительные ударные волны.</p> <p>8. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание.</p> <p>9. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема. Теплопроводность и вязкость газов. Симметрии кинетических коэффициентов. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка.</p> <p>10. Бесстолкновительная плазма. Уравнения Власова. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Затухание Ландау. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны. Пучковая неустойчивость: гидродинамическая и кинетическая стадии. Квазилинейная теория.</p> <p>11. Столкновения в плазме. Интеграл столкновений Ландау. Длина пробега частиц в плазме.</p>
8	Квантовая теория. Квантовая хромодинамика.	<p>1. Теория измерений, теория рассеяния, теория открытых квантовых систем. Теория многих взаимодействующих частиц. Квантовая теория физических явлений в ядрах, атомах и молекулах.</p> <p>1. Основные положения квантовой теории. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Операторы. Дискретный и непрерывный спектры. Гамильтониан. Стационарные состояния. Гейзенберговское представление. Соотношения неопределенности.</p> <p>2. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Прохождение через барьер.</p> <p>3. Момент количества движения. Собственные функции и собственные значения момента количества движения. Четность. Сложение моментов. Разложение Клебша-Гордана.</p> <p>4. Движение в центральном поле. Сферические волны. Разложение плоской волны. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода.</p> <p>5. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени.</p>



**Физический факультет**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине  
Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки  
Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика  
Подготовка кадров высшей квалификации

Версия документа - 2

стр. 8 из 26

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		<p>Периодические возмущения. Квазиклассическая теория возмущений.</p> <p>6. Спин. Оператор спина. Тонкая структура атомных уровней.</p> <p>7. Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц.</p> <p>Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие.</p> <p>8. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. С амосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура томных уровней. Периодическая система Менделеева.</p> <p>9. Движение в магнитном поле. Уравнение Шредингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле.</p> <p>10. Столкновения частиц. Общая теория. Формула Бора. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта-Вигнера.</p> <p>11. Квантовая хромодинамика. Разработка методов описания адронного вещества и кварк-глюонной плазмы, в том числе в приложениях к процессам в столкновениях адронов, ядер, тяжелых ионов в компактных астрофизических объектах, в ранней Вселенной и в других системах.</p>
9	Статистическая физика	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>3. Термодинамика идеальных газов. Распределение Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.</p> <p>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.</p> <p>5. Неидеальные газы и конденсированные среды. Фононные спектры и термодинамические свойства газа. Термодинамические свойства неидеального классического газа.</p>



**Физический факультет**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине  
Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки  
Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика  
Подготовка кадров высшей квалификации

Версия документа - 2

стр. 9 из 26

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		<p>6. Равновесие фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка.</p> <p>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.</p> <p>8. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Квантовые вихри.</p> <p>9. Твердые тела. Кристаллические структуры. Поверхность Ферми. Зонная структура. Квазичастицы.</p> <p>10. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов. Теплопроводность.</p> <p>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.</p> <p>12. Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Симметрии кинетических коэффициентов. Флуктационно-диссипативная теорема.</p> <p>13. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.</p>
10	Решеточные модели теории поля. Моделирование физических процессов на решетке.	Решеточные модели теории поля. Моделирование физических процессов на решетке.
11	Разработка теории мезоскопических систем.	Разработка теории мезоскопических систем.
12	Теория неравновесных систем. Теория хаоса и турбулентности.	Теория неравновесных систем. Теория хаоса и турбулентности.
13	Квантовые вычисления и квантовая информатика.	Квантовые вычисления и квантовая информатика. Квантовые компьютеры.



**Физический факультет**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине  
Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки  
Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика  
Подготовка кадров высшей квалификации

Версия документа - 2

стр. 10 из 26

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	Квантовые компьютеры.	
14	Методы глубокого обучения, искусственного интеллекта и машинного обучения. Физические модели когнитивных процессов.	Методы глубокого обучения, искусственного интеллекта и машинного обучения. Физические модели когнитивных процессов.

**Вопросы кандидатского экзамена**

1. Уравнения движения. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа.
2. Симметрии. Теорема Нетер. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.
3. Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, приведенная масса, движение в центральном поле.
4. Распад частиц, упругие столкновения. Сечение рассеяния частиц, формула Резерфорда.
5. Малые колебания. Свободные и вынужденные одномерные колебания, параметрический резонанс.
6. Колебания систем со многими степенями свободы, полярные координаты. Колебания при наличии трения.
7. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлеровы углы и уравнение Эйлера.
8. Канонические уравнения, уравнение Гамильтона, скобки Пуассона.
9. Действие как функция координат, теорема Лиувилля, уравнение. Гамильтона-Якоби, разделение переменных.
10. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.
11. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.
12. Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность.
13. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.
14. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока.
15. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
16. Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 11 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

17. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
18. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна.
19. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.
20. Поле движущихся зарядов. Запоздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта.
21. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстродвижущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.
22. Движение частицы в гравитационном поле. Метрика. Ковариантное дифференцирование.
23. Символы Кристоффеля. Действие для частицы в гравитационном поле.
24. Уравнения гравитационного поля. Тензор кривизны. Действие для гравитационного поля. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна.
25. Нерелятивистский предел уравнений Эйнштейна. Закон Ньютона. Центральное-симметричное гравитационное поле.
26. Метрика Шварцшильда. Гравитационный коллапс.
27. Теория фундаментальных взаимодействий. Изучение явлений на малых масштабах и при больших энергиях.
28. Объединенные модели фундаментальных взаимодействий. Разработка математических методов теории поля.
29. Супергравитация и теория суперструн, модели с дополнительными измерениями, AdS/CFT соответствие, голографические модели.
30. Классическая и квантовая космология и гравитация. Свойства вакуума, темная энергия.
31. Общая теория относительности и ее расширения. Наблюдаемые эффекты ОТО в ньютоновом и постньютоновом приближении (гравитационное красное смещение, отклонение луча света, задержка сигнала, прецессия гироскопа, прецессия орбит планет). Гравитационные линзы.
32. Релятивистская космология. Открытая, закрытая и плоская модели. Закон Хаббла. Расширение Вселенной на радиационно-доминированной, пылевидной и вакуум-доминированной стадиях.
33. Физические процессы в ранней Вселенной. Закалка нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Рекомбинация, реликтовые фотоны.
34. Релятивистская астрофизика.
35. Стандартная модель фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и ее расширения, в том числе обусловленные проблемой темной материи, физикой нейтрино и другими феноменологическими проблемами.
36. Электростатика диэлектриков и проводников. Диэлектрическая проницаемость и проводимость. Термодинамика диэлектриков.
37. Магнитные свойства. Постоянное магнитное поле. Магнитное поле постоянных токов. Термодинамические соотношения. Диа-, пара-, ферро- и антиферромагнетики.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 12 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

38. Сверхпроводники. Магнитные свойства. Сверхпроводящий ток. Критическое поле.
39. Уравнения электромагнитных волн. Уравнения поля в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости.
40. Соотношения Крамерса-Кронига. Плоская монохроматическая волна. Распространение электромагнитных волн. Отражение и преломление. Принцип взаимности.
41. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность.
42. Магнитная гидродинамика. МГД волны. Проблема динамо.
43. Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация второй гармоники.
44. Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Резлеевское рассеяние.
45. Теория конденсированного состояния. Изучение различных состояний вещества и физических явлений в них. Теория фазовых переходов.
46. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса.
47. Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное обтекание тел: присоединенная масса, сила сопротивления, эффект Магнуса.
48. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.
49. Переход к турбулентности. Неустойчивости ламинарных течений.
50. Теория Ландау-Хопфа. Типы аттракторов. Странный аттрактор. Переход к турбулентности путем удвоения периодов.
51. Развитая турбулентность. Спектр турбулентности в вязком интервале. Колмогоровский спектр.
52. Звук. Звуковые волны. Геометрическая акустика.
53. Одномерное движение сжимаемого газа. Характеристики. Инварианты Римана. Простая волна Римана.
54. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Слабые разрывы. Теория сильного взрыва.
55. Ударные волны слабой интенсивности. Уравнение Бюргера.
56. Звуковые волны со слабой дисперсией. Уравнение КДВ. Солитоны и их взаимодействие. Бесстолкновительные ударные волны.
57. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание.
58. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана.
59. H-теорема. Теплопроводность и вязкость газов. Симметрии кинетических коэффициентов. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка.
60. Бесстолкновительная плазма. Уравнения Власова.
61. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Затухание Ландау. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны.
62. Пучковая неустойчивость: гидродинамическая и кинетическая стадии. Квазилинейная теория.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 13 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

63. Столкновения в плазме. Интеграл столкновений Ландау. Длина пробега частиц в плазме.
64. Теория измерений, теория рассеяния, теория открытых квантовых систем.
65. Теория многих взаимодействующих частиц.
66. Квантовая теория физических явлений в ядрах, атомах и молекулах.
67. Основные положения квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции.
68. Операторы. Дискретный и непрерывный спектры. Гамильтониан. Стационарные состояния. Гейзенберговское представление. Соотношения неопределенности.
69. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Прохождение через барьер.
70. Момент количества движения. Собственные функции и собственные значения момента количества движения. Четность. Сложение моментов. Разложение Клебша-Гордана.
71. Движение в центральном поле. Сферические волны. Разложение плоской волны. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода.
72. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени. Периодические возмущения. Квазиклассическая теория возмущений.
73. Спин. Оператор спина. Тонкая структура атомных уровней.
74. Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц.
75. Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие.
76. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле.
77. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура темных уровней. Периодическая система Менделеева.
78. Движение в магнитном поле. Уравнение Шредингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле.
79. Столкновения частиц. Общая теория. Формула Бора. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта-Вигнера.
80. Квантовая хромодинамика. Разработка методов описания адронного вещества и кварк-глюонной плазмы, в том числе в приложениях к процессам в столкновениях адронов, ядер, тяжелых ионов в компактных астрофизических объектах, в ранней Вселенной и в других системах.
81. Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Роль энергии.
82. Закон возрастания энтропии. Микроканоническое распределение. Распределение Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
83. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Термодинамические потенциалы. Термодинамические неравенства.
84. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. Системы с переменным числом частиц. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений.
85. Термодинамика идеальных газов. Распределение Больцмана. Столкновение молекул.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 14 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

86. Неравновесный идеальный газ. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.
87. Распределение Ферми и Бозе. Вырожденный идеальный ферми-газ. Свойства вещества при больших плотностях. Вырожденный бозе-газ.
88. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела.
89. Неидеальные газы и конденсированные среды. Фононные спектры и термодинамические свойства газа. Термодинамические свойства неидеального классического газа.
90. Равновесие фаз. Формула Клапейрона-Клаузиса. Критическая точка.
91. 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.
92. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Квантовые вихри.
93. Твердые тела. Кристаллические структуры. Поверхность Ферми. Зонная структура. Квазичастицы.
94. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов. Теплопроводность.
95. 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.
96. 12 Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин.
97. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Симметрии кинетических коэффициентов. Флуктуационно-диссипативная теорема.
98. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы.
99. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.
100. Решеточные модели теории поля. Моделирование физических процессов на решетке.
101. Разработка теории мезоскопических систем.
102. Теория неравновесных систем. Теория хаоса и турбулентности.
103. Квантовые вычисления и квантовая информатика. Квантовые компьютеры.
104. Методы глубокого обучения, искусственного интеллекта и машинного обучения. Физические модели когнитивных процессов.

## Список рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Давыдов, А. С. Квантовая механика: научное издание [Электронный ресурс] : монография / А.С. Давыдов. — изд. 2-е, испр. и доп. — Москва : Наука, 1973. — 705 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499379>.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 15 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

2. Кубо, Риого (1920-1995). Статистическая механика [Текст] : современный курс с задачами и решениями / Р. Кубо [и др.]; пер. с англ. под ред. и с предисл. Д. Н. Зубарева. — 2-е изд., стер. — М. : КомКнига, 2006. — 452 с. : ил. — Предм. указ.: с. 443-449. — Библиогр. в конце гл. — ISBN 5-484-00566-3. — ISBN 978-5-484-00566-6.
3. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.8 Электродинамика сплошных сред. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2005. — 656 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2234> — Загл. с экрана.
4. Леонтович, М. А. (1903-1981). Введение в термодинамику. Статистическая физика [Текст] : учебное пособие для вузов / М. А. Леонтович. — Изд. 2-е, стер. — СПб. : Лань, 2008. — 419 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) (Классическая учебная литература по физике) (Лучшие классические учебники) (Знание. Уверенность. Успех!). — Парал. тит. л. рус., англ. — Предм. указ.: с. 414-415. — ISBN 978-5-8114-0850-4.
5. Мултановский, В. В. Классическая электродинамика [Текст] : учебное пособие для вузов / В. В. Мултановский, А. С. Василевский. — 2-е изд., перераб. — М. : Дрофа, 2006. — 348 с. : ил. — (Высшее образование) (Курс теоретической физики). — Прил.: с. 329-341. — Библиогр.: с. 342. — ISBN 5-7107-9409-0.
6. Ольховский, И. И. Курс теоретической механики для физиков [Текст] : учебное пособие для вузов / И. И. Ольховский. — Изд. 4-е, стер. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2009. — 574 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Библиогр.: с. 565-566. — Предм. указ.: с. 567-574. — ISBN 978-5-8114-0857-3.
7. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 5-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2006. - Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика. - 544 с. - ISBN 5-9221-0601-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82995>
8. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 2-е изд., стереот. - М. : Физматлит, 2002. - Т. 5. Атомная и ядерная физика. - 783 с. - ISBN 5-9221-0230-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82991>
9. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 4-е изд., стереот. - М. : Физматлит, 2005. - Т. 1. Механика. - 560 с. - ISBN 5-9221-0225-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82978>

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 16 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

### Дополнительная литература

1. Абрикосов, А.А. Основы теории металлов : учебное пособие / А.А. Абрикосов. - 2-е изд., доп. и испр. - М. : Физматлит, 2010. - 599 с. - ISBN 978-5-9221-1097-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67590](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67590)
2. Абрикосов, А. А. Методы квантовой теории поля в статистической физике / А. А. Абрикосов, Л. П. Горьков, И. Е. Дзялошинский. — М. : Физматгиз, 1962. — 443 с. : ил. — Библиогр. с. 441-443.
3. Алексеев, А.И. Сборник задач по классической электродинамике. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 320 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/100> — Загл. с экрана.
4. Ансельм, А.И. Основы статистической физики и термодинамики. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2007. — 448 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/692> — Загл. с экрана.
5. Базаров, И. П. Термодинамика [Текст] : учебник для студентов вуза / И. П. Базаров. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Высшая школа, 1983. — 344 с. : ил.
6. Базаров, И. П. Термодинамика и статистическая физика [Текст] : Теория равновесных систем: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Базаров, Э. В. Геворкян, П. Н. Николаев. — М. : Изд-во МГУ, 1986. — 310 с. : ил. ; 22 см. — Предм. указ.: с. 308-310.
7. Блохинцев, Д.И. Основы квантовой механики. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2004. — 672 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/619>— Загл. с экрана.
8. Боголюбов, Н.Н. Квантовые поля : учебное пособие / Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. - 3-е изд., доп. - М. : Физматлит, 2005. - 385 с. - ISBN 5-9221-0580-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75464](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75464)
9. Гантмахер, Ф.Р. Лекции по аналитической механике : учебное пособие / Ф.Р. Гантмахер. - 3-е изд. - М. : Физматлит, 2001. - 263 с. - ISBN 978-5-9221-0067-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68408](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68408)
10. Джексон, Д.Д. Классическая электродинамика / Д.Д. Джексон ; под ред. Э.Л. Бурштейн ; пер. Г.В. Воскресенский, Л.С. Соловьев. - М. : Издательство "МИР", 1965. - 701 с. - ISBN 978-5-4458-4490-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213805](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213805)

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 17 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

11. Зельдович, Я.Б. Строеие и эволюция Вселенной / Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков. - М. : Наука, 1975. - 731 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=45416](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=45416)
12. Ициксон, К. Квантовая теория поля [Текст] : в 2 томах / К. Ициксон, Ж.-Б. Зюбер ; пер. с англ. под ред. Р. М. Мир-Касимова. — М. : Мир, Б.г. — Пер. изд.: Quantum field theory / Claude Itzykson, Jean-Bernard Zuber. - New York : McGraw-Hill, 1980. Оригинал перевода: Quantum field theory / С. Itzykson, J.-В. Zuber. — New York : McGraw-Hill, 1980. Т. 1. — 1984. — 448 с. : ил.
13. Ициксон, К. Квантовая теория поля [Текст] : в 2 томах / К. Ициксон, Ж.-Б. Зюбер ; пер. с англ. под ред. Р. М. Мир-Касимова. — М. : Мир, Б.г. — Пер. изд.: Quantum field theory / Claude Itzykson, Jean-Bernard Zuber. - New York : McGraw-Hill, 1980. Оригинал перевода: Quantum field theory / С. Itzykson, J.-В. Zuber. — New York : McGraw-Hill, 1980. Т. 2. — 1984. — 400 с. : ил.
14. Калитеевский, Н.И. Волновая оптика. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 480 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/173> — Загл. с экрана.
15. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела [Электронный ресурс] / Ч. Киттель. — Москва : Наука, 1978. — 788 с. : ил. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483361>
16. Кубо, Р. Термодинамика [Электронный ресурс] / Р. Кубо ; Д. Н. Зубарева ; Н. М. Плакида. — Москва : Мир, 1970. — 301 с. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495525>
17. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.1 Механика. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2007. — 224 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2231> — Загл. с экрана.
18. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика [Текст] : В 10 томах: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 7-е изд., испр. — М. : Наука, Б.г. — ISBN 5-02-013850-9. Т. 2: Теория поля. — 1988. — 510 с. — ISBN 5-02-014420-7 (Т. 2).
19. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика [Текст] : В 10 томах: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; отв. ред. Л. П. Питаевский. — 4-е изд., испр. — М. : Наука, Б.г. — ISBN 5-02-013850-9. Т. 3: Квантовая механика : Нерелятивистская теория. — 1989. — 767 с. — ISBN 5-02-014421-5 (Т. 3).

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 18 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

20. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика [Текст] : учебное пособие для вузов : в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. — 4-е изд., испр. — М. : Физматлит, Б.г. — ISBN 5-9221-0053-X. Т. 4. Квантовая электродинамика. — 2001. — 720 с. — ISBN 5-9221-0058-0 ((Т. 4)).
21. Ландау, Л.Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2001. — 616 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2230> — Загл. с экрана.
22. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.6 Гидродинамика. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2001. — 736 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2232> — Загл. с экрана.
23. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.7 Теория упругости. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2007. — 264 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2233> — Загл. с экрана.
24. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика [Текст] : в 10 томах: учебное пособие для студентов вузов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — М. : Наука, Б.г. Т. X. Физическая кинетика / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. — 1979. — 527 с.
25. Ландсберг, Г.С. Оптика : учебное пособие / Г.С. Ландсберг. - 6-е изд., стереот. - М. : Физматлит, 2010. - 848 с. - ISBN 978-5-9221-0314-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82969>.
26. Левич, В. Г. Курс теоретической физики [Электронный ресурс] / В.Г. Левич. — Изд. 2-е, перераб. — Москва : Наука, 1969. — 911 с. : ил. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494682>.
27. Левич, В. Г. Курс теоретической физики [Электронный ресурс] / В.Г. Левич, Ю.А. Вдовин, В.А. Мямлин ; под ред. В. Г. Левич. — Изд. 2-е, перераб. — Москва : Наука, 1971. — 936 с. : ил. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494683>
28. Мессиа, А. Квантовая механика: научное издание [Электронный ресурс] : монография / А. Мессиа ; пер. с фр. под ред. Л. Д. Фаддеев ; пер. с фр. В. Т. Хозяинов. — Москва : Наука, 1978. — 479 с.— URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499392>.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 19 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

29. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 384 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/277> — Загл. с экрана.
30. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 326 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/279> — Загл. с экрана.
31. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 432 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/280> — Загл. с экрана.
32. Пескин, М. Е. Введение в квантовую теорию поля [Текст] / М. Е. Пескин, Д. В. Шредер ; пер. с англ. под ред. А. А. Белавина, А. В. Беркова. — М. ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. — 783 с. : ил. — Пер. изд.: An introduction to quantum field theory / M. E. Peskin, D. V. Schroeder (1995). — Предм. указ.: с. 763-783. — Библиогр.: с. 758-762. Оригинал перевода: An introduction to quantum field theory. — : Addison-Wesley publishing company, 1995. — ISBN 5-93972-083-8.
33. Румер, Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика [Электронный ресурс] / Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Москва : Наука, 1977. — 552 с. : ил. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482845>
34. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 5-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2009. - Т. 3. Электричество. - 655 с. - ISBN 978-5-9221-0673-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82998>
35. Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 3-е изд., стереот. - М. : Физматлит, 2002. - Т. 4. Оптика. - 792 с. - ISBN 5-9221-0228-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82981>
36. Тамм, И.Е. Основы теории электричества : учебное пособие / И.Е. Тамм. - 11-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2003. - 616 с. - ISBN 5-9221-0313-X ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69243>
37. Шпольский, Э.В. Атомная физика / Э.В. Шпольский. - 2-е изд., перераб. - Москва ; Ленинград : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1949. - Т. 1. Введение в атомную физику. - 524 с. - ISBN 978-5-4458-4573-7 ; То же [Электронный

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 20 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213904](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213904)

## Интернет-ресурсы

### Библиотечно-поисковые системы

- [sigla.ru](http://sigla.ru) - Сигла - российский поисковый портал межбиблиотечной информации;
- [www.ubka.uni-karlsruhe.de/kvk/](http://www.ubka.uni-karlsruhe.de/kvk/) - Karlsruher Virtueller Katalog KVK - немецкая библиотечно-поисковая система, имеющая английский интерфейс

### Персонально-ориентированные научные, поисковые, информационные порталы

- <http://www.astronet.ru/> - Российская Астрономическая сеть;
- [www.mendeley.com](http://www.mendeley.com) – Mendeley;
- [www.phy.org/Science/Physics/](http://www.phy.org/Science/Physics/) - Phy.org;
- <https://mapofscience.ru> - Карта российской науки;
- [elementy.ru](http://elementy.ru) - Элементы большой науки;
- Электронный каталог Springer <http://www.springer.com/>

### Электронные библиотеки и сайты издательств, доступные полностью или частично

- <https://doaj.org/> - DOAJ - Directory of Open Eccess Journals;
- <http://www.euro-math-soc.eu/digital-libraries> - The European Mathematical Society. Digital Libraries;
- eLIBRARY.RU – Научная электронная библиотека;
- <http://www.emis.de/ELibM.html> - The Electronic Library of Mathematics;
- <http://cds.cern.ch/> - CERN Document Server;
- <http://iopscience.iop.org/journals> - Institute of Physics Publishing;
- <http://www.physnet.de/PhysNet/journals.html> - Physics related free-access Journals;
- <http://sci-lib.com/> - Большая научная библиотека;
- <http://sci-lib.com/> - Научная электронная библиотека диссертаций и авторефератов;
- <http://www.mathnet.ru/> - Общероссийский Математический Портал Math-Net.Ru (журналы Академиздатцентра "Наука" РАН);
- <http://lib.mexmat.ru/> - Электронная библиотека Мехмата МГУ;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Электронная библиотека РФФИ.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 21 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

#### Периодические издания в открытом доступе

- <http://www.scientific-publications.net/en/> - Journal of International Scientific Publications;
- <http://www.hindawi.com/journals/physri/> - Physics Research International;
- <http://num-meth.srcc.msu.su/> - Вычислительные методы и программирование. Новые вычислительные технологии;
- <http://www.math.spbu.ru/diffjournal/RU/collection.html> - Дифференциальные уравнения и процессы управления;
- <http://journals.ioffe.ru/jtf/> - Журнал технической физики
- <http://www.jetp.ac.ru/> - Журнал экспериментальной и теоретической физики;
- <http://trv-science.ru/> - Троицкий вариант – Наука;
- <http://ufn.ru/> - Успехи физических наук;

#### Препринты в открытом доступе

- arXiv.org;
- <http://preprints.lebedev.ru/> - Препринты ФИАН

### Электронные фонды и ресурсы

Средством доступа к системе собственных электронных ресурсов является сайт библиотеки [www.lib.csu.ru](http://www.lib.csu.ru). Электронный каталог обеспечивает полное и оперативное представление о библиотечном фонде, повышает качество и эффективность поиска информации – более 1,5 млн. записей.

*1. Электронный каталог. Библиографические базы данных.*

Книги, электронные ресурсы, диссертации и авторефераты.

*2. Электронная библиотека.*

Издания ЧелГУ, УМК; диссертации, защищенные в советах ЧелГУ, резервные коллекции, фонд редких книг, электронный справочник «Информо», статистические издания России и стран СНГ.

*3. Реферативные*

Базы данных ИНИОН РАН, базы данных ВИНТИ, Scopus (<http://www.scopus.com>), Science (архив).

*4. Полнотекстовые*

Базы данных диссертаций РГБ, АРБИКОН, SIGLA, научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>, подписка на полнотекстовую коллекцию

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 22 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

русских научных журналов (2011-2015, 148 наименований), издательств: Taylor&Francis, Sage Publications (архив научных журналов); Springer, American Physical Society (<http://www.journals.aps.org/about>), American Mathematical Society (<http://www.ams.org/mathscinet>), Wiley (<http://onlinelibrary.wiley.com>).

5. *Электронно-библиотечные системы с возможностью* пользования лицензионными материалами из любой точки, имеющей доступ к сети Интернет (регистрация из сети университета персонального аккаунта): Университетская библиотека онлайн ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)), Лань ([www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)).

### **Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене.

При проведении процедуры оценивания результатов кандидатского экзамена инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 23 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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

При проведении процедуры оценивания результатов кандидатского экзамена инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по спецдисциплине обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся:

а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме на языке Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);

б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);

в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно на языке Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов кандидатского экзамена по спецдисциплине может проводиться в несколько этапов.

В исключительных случаях (форс-мажорные обстоятельства и др.) электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

### **Критерии оценки результатов кандидатского экзамена**

Оценка **«отлично»** ставится при соблюдении следующих условий:

- грамотное и правильное использование в ответах научной терминологии;
- безошибочное владение категориальным аппаратом;
- умение обозначить основные проблемы сформулированных в билетах вопросов;
- умение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования;
- логичность, связность ответа.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 24 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Оценка **«хорошо»** ставится при соблюдении следующих условий:

- грамотное и правильное использование в ответах научной терминологии;
- проблемное изложение сформулированных в билетах вопросов;
- умение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования;
- логичность, связность ответа.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится за:

- недостаточное использование в ответах научной терминологии;
- недостаточное владение категориальным аппаратом;
- умение обозначить только одну из проблем сформулированных в билетах вопросов;

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится за:

- отсутствие в ответах необходимой научной терминологии;
- описательное изложение сформулированных в билетах вопросов, неумение обозначить и изложить проблемы;
- грубые ошибки при изложении фактологического материала;
- неумение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования;
- нарушение логичности, связности ответа.

### **Оценка за реферат**

Оценка **«отлично»** за реферат ставится, если:

- содержание реферата точно соответствует теме, отсутствуют ошибки в изложении и оформлении реферата;
- материал освещен в проблемном аспекте при достаточном фактологическом изложении;
- ссылки на работы известных ученых и новейшую литературу отличаются полнотой;
- изложено свое видение проблемы и аргументация своей позиции с помощью фактов;
- содержание связано с темой диссертационного исследования.

Оценка **«хорошо»** за реферат ставится, если:

- содержание реферата соответствует теме, допущены негрубые ошибки в изложении и оформлении реферата;
- обозначены основные проблемы изучения заявленного в теме вопроса при достаточном фактологическом изложении;

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 25 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

- даны ссылки на работы известных ученых и новейшую литературу;
- изложено свое видение проблемы и приведен ряд аргументов своей позиции с помощью фактов;
- содержание связано с темой диссертационного исследования.

Оценка **«удовлетворительно»** за реферат ставится, если:

- содержание реферата соответствует теме, допущены ошибки в изложении и оформлении реферата;
- поверхностное фактологическое изложение;
- даны ссылки на ряд работ известных ученых и новейшую литературу;
- содержание связано с темой диссертационного исследования.

Оценка **«неудовлетворительно»** за реферат ставится, если:

- содержание реферата не соответствует теме, допущены грубые ошибки в изложении и оформлении реферата;
- не изложено свое видение проблемы и не приведены аргументы своей позиции;
- содержание не связано с темой диссертационного исследования.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b>			
Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Подготовка кадров высшей квалификации			
Версия документа - 2	стр. 26 из 26	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

### Форма билета кандидатского экзамена

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Наименование факультета Наименование кафедры	
Группа научных специальностей – шифр и наименование Научная специальность – шифр и наименование	
<b>Кандидатский экзамен по спецдисциплине</b>	
Экзаменационный билет №	
1. 2. 3.	
Зав. кафедрой	ФИО