

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич

Должность: Профессор

Дата подписания: 27.04.2026 15:38:03

Уникальный программный ключ:

04c19ed8bf698f3b6cb77a486b9a8788b8322323

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
Физический факультет Кафедра общей и теоретической физики			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 1 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе

А.И. Бирюков

« 29 » 12

2025 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)\*

### 2.1.1.3 «Теоретическая физика»

Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика

Направленность (профиль) – Теоретическая физика


Высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения

очная


Челябинск, 2025

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

 <b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 2 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Программа по дисциплине «Теоретическая физика» составлена в соответствии с паспортом научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика и федеральными государственными требованиями (уровень образования: высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации), утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951.

Разработчики программы:

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

Программа одобрена на заседании кафедры общей и теоретической физики от «04» декабря 2025 г., протокол № 04.

Программа утверждена на заседании Ученого совета физического факультета от «04» декабря 2025 г., протокол № 03.

Согласовано

Декан физического факультета




М.А. Загребин

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> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 3 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

**Аннотация программы:** Дисциплина «Теоретическая физика» относится к программам по подготовке к кандидатским экзаменам. Программа включает вопросы по разделам: механика, классическая и квантовая теория поля, свойства материи и пространства-времени во Вселенной, релятивистская астрофизика, электродинамика сплошных сред, стандартная модель фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и ее расширения, теория конденсированного состояния вещества, механика сплошных сред и физическая кинетика, квантовая механика, квантовая теория, квантовая хромодинамика, статистическая физика.

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины.

**Цели дисциплины:** изучение фундаментальных основ теоретической физики, явлений и процессов; основных методов исследования в области теоретической физики.

Освоение этой дисциплины даст возможность ориентироваться в научной литературе по современным проблемам теоретической физики, использовать ее методы и достижения в научной работе и преподавании физических дисциплин в высших учебных заведениях.


#### **Задачи дисциплины:**

- изучение фундаментальных понятий, законов и теорий, относящихся к теоретической физике;
- изучение методов физических исследований теоретической физики.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теоретическая физика» является обязательной. Преподавание дисциплины осуществляется на втором курсе (4 семестр). Общая трудоемкость дисциплины, в том числе и промежуточная аттестация, составляет 3 зачетных единиц/108 часов, из них контактная работа с преподавателем составляет - 0,33 зачетных единиц/12 часов (практические – 12 часов), самостоятельная работа – 2,45 зачетная единица/88 часов, контроль – 0,22 зачетных единиц/8 часов.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой математической и физической подготовкой в рамках университетского курса для студентов физиков и навыками владения современными вычислительными


 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 4 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

средствами. Обучаемый должен владеть основными понятиями физики.

Дисциплина «Теоретическая физика» призвана помочь аспирантам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение кандидатской диссертации.

**Требования к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося,  
необходимые при изучении дисциплины**

<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
основные методы научно-исследовательской деятельности	выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач	навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования
цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов	составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты	систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме
основные направления, современные проблемы теоретической физики, теории и методы, новейшие достижения в конкретной области знаний в рамках направленности	использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности	основами методологии научного познания при изучении конкретной области знаний в рамках направленности

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 5 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____


### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины:

<b>Результаты обучения по дисциплине</b>	
знать	основные понятия и методы теоретической физики
	основные направления, современные проблемы теоретической физики, теории и методы, новейшие достижения в конкретной области знаний в рамках направленности
уметь	формулировать задачи теоретической физики, применять математический аппарат теоретической физики, трактовать полученные результаты
	использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности
владеть	представлениями об основных применениях теоретической физики, навыками решения конкретных физических задач
	основами методологии научного познания при изучении конкретной области знаний в рамках направленности

### 4. Структура и содержание дисциплины

#### 4.1 Структура дисциплины

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов	-	-	-	108	108
Контактная работа:	-	-	-	12	12
Лекции, акад. часов	-	-	-	-	-
Практические (семинары), акад. часов	-	-	-	12	12
Лабораторные работы, акад. часов	-	-	-	-	-
Самостоятельная работа, акад. часов	-	-	-	88	88
Контроль	-	-	-	8	8
Вид контроля (зачёт, экзамен)	-	-	-	канд. экзамен	-

 <b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 6 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Количество часов						Форма текущего контроля
		Всего	Контактная работа				Самостоятельная работа	
			Лекции	Практические, семинары	Лаб. работы	Контроль		
1	Механика	6	-	1	-	-	5	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
2	Классическая и квантовая теория поля	6	-	1	-	-	5	
3	Свойства материи и пространства-времени во Вселенной. Релятивистская астрофизика.	7	-	1	-	-	6	
4	Стандартная модель фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и ее расширения	7	-	1	-	-	6	
5	Электродинамика сплошных сред	6	-	1	-	-	5	
6	Физика конденсированного состояния вещества	6	-	1	-	-	5	
7	Механика сплошных сред и физическая кинетика	6	-	1	-	-	5	
8	Квантовая теория. Квантовая хромодинамика.	7	-	1	-	-	6	
9	Статистическая физика	6	-	1	-	-	5	
10	Решеточные модели теории поля. Моделирование	7	-	1	-	-	6	



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

## Физический факультет

## Кафедра общей и теоретической физики

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика»

Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика

Направленность (профиль) – Теоретическая физика


Версия документа - 1

Стр. 7 из 39


Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_


	физических процессов на решетке.							
11	Разработка теории мезоскопических систем.	7	-	-	-	-	7	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
12	Теория неравновесных систем. Теория хаоса и турбулентности.	7	-	-	-	-	7	
13	Квантовые вычисления и квантовая информатика. Квантовые компьютеры.	7	-	1	-	-	6	
14	Методы глубокого обучения, искусственного интеллекта и машинного обучения. Физические модели когнитивных процессов.	7	-	1	-	-	6	
15	Реферат по диссертационному исследованию	8	-	-	-	-	8	Собеседование
16	Контроль	8					8	Кандидат. экзамен
	<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>88</b>	

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 8 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____


№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела*
1	Механика	<p>1. Уравнения движения. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа. Симметрии. Теорема Нетер. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.</p> <p>2. Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, приведенная масса, движение в центральном поле.</p> <p>3. Распад частиц, упругие столкновения. Сечение рассеяния частиц, формула Резерфорда.</p> <p>4. Малые колебания. Свободные и вынужденные одномерные колебания, параметрический резонанс. Колебания систем со многими степенями свободы, полярные координаты. Колебания при наличии трения.</p> <p>5. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлеровы углы и уравнение Эйлера.</p> <p>6. Канонические уравнения, уравнение Гамильтона, скобки Пуассона, действие как функция координат, теорема Лиувилля, уравнение. Гамильтона-Якоби, разделение переменных.</p> <p>7. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.</p> <p>8. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.</p>
2	Классическая и квантовая теория поля	<p>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.</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.</p>

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 9 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____


		<p>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</p>

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 10 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____


		<p>радиационно-доминированной, пылевидной и вакуум-доминированной стадиях.</p> <p>4. Физические процессы в ранней Вселенной. Закалка нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Рекомбинация, реликтовые фотоны.</p> <p>5. Релятивистская астрофизика.</p>
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	<p>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.</p> <p>2. Сверхпроводники. Магнитные свойства. Сверхпроводящий ток. Критическое поле.</p> <p>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.</p> <p>4. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность.</p> <p>5. Магнитная гидродинамика. МГД волны. Проблема динамо.</p> <p>6. Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация второй гармоники.</p> <p>7. Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Рэлеевское рассеяние.</p>
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	1. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 11 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____


	физическая кинетика	<p>Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное обтекание тел: присоединенная масса, сила сопротивления, эффект Магнуса.</p> <p>2. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.</p> <p>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.</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.</p>

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 12 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

		<p>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. 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. Самосогласованное 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</p>


 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 13 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

		<p>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> <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</p>
--	--	---

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 14 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

		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.
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 компьютеры.	Квантовые вычисления и квантовая информатика. 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.

\*Содержание разделов составлено в соответствии с паспортом научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика


 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 15 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

## 5. Образовательные технологии

- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- интерактивные технологии;
- применение новых методов обучения, связанных с использованием возможностей виртуальной информационной среды (мультимедийные технологии).

В соответствии с утвержденной основной образовательной программой по научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика (направленность (профиль) - Теоретическая физика) программа дисциплины «Теоретическая физика» предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков у обучающихся. Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:


- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- использование принципов социально-психологического обучения в учебной и научной деятельности;
- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности аспиранта и достижения ряда важнейших образовательных целей: стимулирование мотивации и интереса в области углубленного изучения теоретической физики в общеобразовательном и профессиональном плане; повышение уровня активности и самостоятельности научно-исследовательской работы; развитие навыков анализа, критичности мышления, научной коммуникации.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 16 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____


## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Теоретическая физика»

№	Контролируемые разделы дисциплины	Результаты обучения	Наименование оценочного средства
1	Механика	знать: фундаментальные понятия и законы механики; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
2	Классическая и квантовая теория поля	знать: фундаментальные понятия и законы классической и квантовой теории поля; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
3	Свойства материи и пространства-времени во Вселенной. Релятивистская астрофизика.	знать: свойства материи и пространства-времени во Вселенной; фундаментальные понятия и законы релятивистской астрофизики; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
4	Стандартная модель фундаментальных	знать: стандартная модель фундаментальных	изучение основной и дополнительной

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 17 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

	взаимодействий элементарных частиц и ее расширения	взаимодействий элементарных частиц и ее расширения; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	литературы, составление кратких конспектов
5	Электродинамика сплошных сред	знать: фундаментальные понятия и законы электродинамики сплошных сред; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
6	Физика конденсированного состояния вещества	знать: фундаментальные понятия и законы физики конденсированного состояния вещества; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
7	Механика сплошных сред и физическая кинетика	знать: фундаментальные понятия и законы механики сплошных сред и физической кинетики; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 18 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

8	Квантовая теория. Квантовая хромодинамика.	знать: фундаментальные понятия и законы квантовой теории квантовой хромодинамики; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
9	Статистическая физика	знать: фундаментальные понятия и законы статистической физики; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
10	Решеточные модели теории поля. Моделирование физических процессов на решетке.	знать: решеточные модели теории поля; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач; навыками моделирования физических процессов на решетке	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
11	Разработка теории мезоскопических систем.	знать: фундаментальные понятия мезоскопических систем; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Физический факультет

Кафедра общей и теоретической физики


Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика»

Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика

Направленность (профиль) – Теоретическая физика

Версия документа - 1	Стр. 19 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------------	------------------------	---------------

		конкретных физических задач	
12	Теория неравновесных систем. Теория хаоса и турбулентности.	знать: фундаментальные понятия и законы теории неравновесных систем, теории хаоса и турбулентности; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
13	Квантовые вычисления и квантовая информатика. Квантовые компьютеры.	знать: о квантовых вычислениях и квантовой информатике; о квантовых компьютерах; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов
14	Методы глубокого обучения, искусственного интеллекта и машинного обучения. Физические модели когнитивных процессов.	знать: методы глубокого обучения, искусственного интеллекта и машинного обучения, о физических моделях когнитивных процессов; уметь: использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности; владеть: навыками решения конкретных физических задач	изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 20 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

## 6.2. Оценочные средства

### *Текущий контроль*

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на практических занятиях по разделам дисциплины. Задания для текущего контроля по самостоятельной работе аспирантов – изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов.

### *Промежуточная аттестация*


**Вопросы** к экзамену формируются в соответствии с программой кандидатского экзамена и паспортом научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика.

**Реферат** (на экзамене проводится собеседование и выставляется оценка)


Пишется в соответствии с общими требованиями к реферативным работам, представляет собой обзор мнений, точек зрения, научных положений по тематике диссертации.

### *Вопросы к кандидатскому экзамену*


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.

 <b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 21 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____


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.
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. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта.
21. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстро движущегося 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.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 22 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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.
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. Рэлеевское 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 Бюргерса.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 23 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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. Н-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.
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. С амосогласованное поле.
77. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура томных 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,

 МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 24 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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.

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.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 25 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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.

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/зачете.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения 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 обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине 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:

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

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 26 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

### 6.3. Критерии оценивания результатов обучения

Оценивание результатов обучения проводится по пятибалльной шкале:  
**«Отлично» (5 баллов):** 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.

**«Хорошо» (4 балла):** 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.

**«Удовлетворительно» (3 балла):** недостаточное использование в ответах научной терминологии; недостаточное владение категориальным аппаратом; умение обозначить только одну из проблем сформулированных в билетах вопросов;


**«Неудовлетворительно» (1-2 балла):** 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.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) 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).

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 27 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

При необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) может проводиться в несколько этапов.

## **7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

**Самостоятельная работа** аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам и доступом к сети Интернет.

Самостоятельная работа способствует:


- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к самостоятельной научно-исследовательской деятельности;
- овладению приемами процесса познания и развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа аспирантов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов.

### **Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся:**

Самостоятельная работа аспиранта является показателем научного потенциала, умения работы с литературными источниками и нормативными актами, материалами практики, способности аспиранта к самостоятельному анализу проблемных вопросов. Она состоит в изучении учебной и научной литературы, в выполнении заданий для самостоятельной работы.

Аспиранты очной формы обучения изучают и накапливают теоретический и практический материал по большей части самостоятельно. На кафедре общей и теоретической физики в списке рекомендованной литературы предложен объем учебной и научной литературы, следовательно, аспиранту необходимо как можно чаще обращаться к фондам научных библиотек, а также и к периодической литературе, следить за новеллами в области развития экономики. При изучении научной, учебной литературы необходимо сопоставить содержание имеющейся в наличии литературы с программой кандидатского экзамена по специальности. В случае отсутствия того или иного источника литературы, необходимо обратиться к фондам Российской

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 28 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

государственной библиотеки (г. Москва). Аспирант должен провести тщательную подготовительную работу с научной литературой по своей специальности, освоить теоретические, общие и частнонаучные методы поиска.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются 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:

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


### Основная литература

(\* литература, имеющаяся в библиотеке ЧелГУ или электронной библиотечной системе; \*\* литература, имеющаяся в электронной библиотечной системе)

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>.

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.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 29 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82995](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: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82991](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: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82978](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82978)

#### 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)

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 30 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

- 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: <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: <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: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213805>
- 11\*. Зельдович, Я.Б. Строение и эволюция Вселенной / Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков. - М. : Наука, 1975. - 731 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <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.:

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 31 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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).

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.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 32 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

- 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. Х. 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: [://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82969](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>.
- 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

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 33 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

introduction to quantum field theory / М. Е. 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 ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213904>

### 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, 5 млн. записей.

1. *Электронный каталог. Библиографические базы данных.*

Книги, электронные ресурсы, диссертации и авторефераты.

2. *Электронная библиотека.*

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

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 34 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

### 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 российских научных журналов (20-205, 48 наименований), издательств: Taylor&Francis, Sage Publications (архив научных журналов); Springer, 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)).

## Интернет-ресурсы

### Библиотечно-поисковые системы


● [sigla.ru](http://sigla.ru) - Сигла - российский поисковый портал межбиблиотечной информации;

### 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;

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 35 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

- <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;

#### 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

#### Лицензионное программное обеспечение по дисциплине (модулю)

1. Windows 10 Pro (Договор № АЭ-44/57/18 от 30 октября 2018 г. Лицензии бессрочные.).
2. Microsoft Office профессиональный 2016 (Договор № АЭ-44/57/18 от 30 октября 2018 г. Лицензии бессрочные.).

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 36 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

## 8. Материально-техническое обеспечение


Для проведения занятий по дисциплине «Теоретическая физика», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, а также эффективное выполнение выпускной квалификационной работы (диссертации):

- лекционные аудитории, оснащенные мультимедийными комплексами на основе антивандальной трибуны;
- специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;
- методические материалы для проведения самостоятельной работы по дисциплине.

На физическом факультете имеются учебные, научно-исследовательские лаборатории, оснащенные современными компьютерами и мультимедийными комплексами, современными приборами: учебно-вычислительная лаборатория (компьютерный класс, каб.222), лаборатория рентгеноструктурного анализа (каб.126), лаборатория электронной микроскопии (каб.121, 123), лаборатория фазовых превращений (каб.131), Центр коллективного пользования «Наукоемкие технологии» (каб.126 в, г), совместная с ИРЭ РАН (г. Москва) лаборатория «Физики магнитных явлений» № 101(4). Все компьютеры кафедр и лабораторий физического факультета объединены локальной сетью, имеют выход в Интернет.

Университет располагает компьютерными классами, объединенными в локальную сеть, выходом в Интернет, оснащенными современными высокопроизводительными компьютерами. Поддерживается собственный сайт: <http://csu.ru>.

Для получения высшего образования по программам аспирантуры инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья в университете имеются аудитории, оснащенные следующим оборудованием:

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 37 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Название кабинета	Оборудование
Тифлотехническая аудитория, кабинет А-28 первого учебного корпуса	Тифлотехнические средства: брайлевский компьютер с дисплеем и принтером, тифлокомплекс «Читающая машина», телевизионное увеличивающее устройство, тифломагнитолы кассетные (3 шт.) и цифровые диктофоны (6 шт.). Специальное программное обеспечение: программа речевой навигации JAWS, речевые синтезаторы («говорящая мышь»), экранные лупы.
Сурдотехническая аудитория, кабинет А-27 первого учебного корпуса	Радиокласс «Сонет-Р» (на 6 человек), программируемые слуховые аппараты (6 шт.) индивидуального пользования с устройством задания режима работы на компьютере, аудиотехника.
Аудитория адаптивных информационных технологий, кабинет А-27 первого учебного корпуса	Компьютерный класс на 2 мест, интерактивная доска ActiveBoard с системой голосования, акустический усилитель и колонки, мультимедийный проектор, телевизор, видеомагнитофон, устройство видеоконференцсвязи VCON HD3000.


Все указанные в настоящей рабочей программе дисциплины методическое и техническое обеспечение учебного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляется Региональным учебно-научным центром инклюзивного образования ЧелГУ.

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

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на практических занятиях по разделам дисциплины. Задания для текущего контроля по самостоятельной работе аспирантов – изучение основной и дополнительной литературы, составление кратких конспектов.

### Методические указания к составлению конспекта

Конспекты представляют собой особую организацию теоретического учебного материала в виде отображения кратких выводов, поясняющих рисунков, символов, схем, графиков и так далее, зрительно подчеркивающего

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 38 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

соотношение зависимости явлений, характеризующих определенную проблему.

В конспекте в определенной логической последовательности излагается главная информация по теоретическим блокам тем, разделов изучаемой дисциплины. В конспект вводятся и разъясняются все базисные понятия, теории и методы, приводятся иллюстративные примеры. Выполнение такой работы способствует усвоению материала, его запоминанию и осмыслению, развитию образного, логического и абстрактного мышления.

#### **Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям, выполнению работы на практических занятиях**

В часы практических занятий обучающиеся выполняют различные виды заданий: практические задачи / подготовка реферата и его доклад.


При решении практических задач необходимо обеспечить обоснованность решения; логичную последовательность и убедительность изложения своих доводов, каждый из которых должен быть связан с предыдущим, что обеспечивает формирование логического мышления; навыки краткой и точной формулировки промежуточных выводов и итогового решения.

Подготовка реферата развивает самостоятельность мышления, способствует формированию научных интересов аспирантов, приобретению навыков самостоятельной работы с литературой, приобщает к определенному уровню научно-исследовательской деятельности, помогает освоить практику написания научных трудов, технику научной работы, приемы оформления текста рукописи. В реферате обучающийся должен показать уровень приобретенных теоретических и практических навыков, выявить имеющиеся общетеоретические и практические проблемы / разработать рекомендации, имеющие теоретические и практическое значение / сформулировать предложения, имеющие важное теоретическое значение / высказать собственные суждения.

При работе на практических занятиях происходят групповые дискуссии, анализируются ситуации, осуществляются иные технологии сотрудничества, у обучающихся формируется логическое мышление, навыки принятия решений, командной работы, межличностной коммуникации, лидерские качества.

#### **Методические указания к самостоятельной работе обучающегося**

Эффективное освоение дисциплины невозможно без самостоятельной работы аспиранта. Целью самостоятельной работы является успешное овладение материалом дисциплины, развитие самостоятельности, ответственности и

 <b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Физический факультет</b> <b>Кафедра общей и теоретической физики</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3 «Теоретическая физика» Научная специальность – 1.3.3. Теоретическая физика Направленность (профиль) – Теоретическая физика			
Версия документа - 1	Стр. 39 из 39	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

организованности. При выполнении самостоятельной работы проявляется творческий подход к решению проблем и поставленных вопросов.

Самостоятельная работа включает в себя проработку теоретического материала, изучение рекомендуемой литературы, подготовку к занятиям семинарского типа. Также самостоятельная работа может заключаться в выполнении практико-ориентированных заданий (заполнение таблиц, проведение сравнительного анализа, составление схем и др.), решении практических задач, написании рефератов.