

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Релятивистская кинетика и гидродинамика БЗ.ДВ.1

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Балакин А.Б.

**Рецензент(ы):**

Игнатъев Ю.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Сушков С. В.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань

2015

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Балакин А.Б. Кафедра теории относительности и гравитации Отделение физики, Alexander.Balakin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Релятивистская кинетика и гидродинамика" является изучение дополнительных глав теории неравновесных процессов в релятивистских многочастичных системах, основанной на релятивистском обобщении кинетической теории газа и плазмы, а также исследование космологических и астрофизических приложений теории.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б3.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина (М.2.ДВ.3) входит в вариативную часть профессионального цикла (М.2) как дисциплина по выбору. Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: риманова геометрия и теория дифференцируемых многообразий, специальная теория относительности, статистическая физика. Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин, связанных с физикой фундаментальных взаимодействий (в частности, с электродинамикой сплошных сред, космологией, астрофизикой и теорией плазмы), и для успешной профессиональной деятельности.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук
ОК-10 (общекультурные компетенции)	способностью использовать базовые знания и навыки управления информацией для решения исследовательских профессиональных задач, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой)
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью проводить свою профессиональную деятельность с учетом социальных, этических и природоохранных аспектов

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные понятия из теории неравновесных процессов и необратимых явлений в релятивистских многочастичных системах.

2. должен уметь:

вычислять моменты функции распределения и производство энтропии, ассоциированные со столкновительными процессами, внешними силовыми воздействиями и пограничными явлениями.

3. должен владеть:

критериями локального и глобального равновесия, хаотизации, организации и относительной упорядоченности.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к анализу обобщенных уравнений эволюции и оценки степени равновесности сложных кинетических систем

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Релятивистское кинетическое уравнение и интерпретация макроскопических моментов функции распределения.	8	1-5	10	10	0	письменная работа
2.	Тема 2. Теория релятивистской бесстолкновительной изотропной и магнитоактивной плазмы.	8	6-10	10	10	0	письменная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Феноменологическая релятивистская гидродинамика и электродинамика сплошных сред	8	11-159	10	10	0	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			30	30	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Релятивистское кинетическое уравнение и интерпретация макроскопических моментов функции распределения.

###### **лекционное занятие (10 часа(ов)):**

1 дидактическая единица Вывод релятивистского кинетического уравнения. Расчет моментов функции распределения, вывод уравнений баланса и законов сохранения. Локальное и глобальное производство энтропии. Критерии равновесия, хаотизации, организации, необратимости и относительной упорядоченности в открытых системах. Разделение полного производства энтропии на три составляющие : столкновительное производство энтропии, производство энтропии под действием внешних силовых полей, производство энтропии, связанное с пограничными явлениями. Ланжевеновские стохастические источники и кинетическая теория на расширенном фазовом пространстве. Примеры вычисления моментов функции распределения для моделей с силами гироскопического типа, градиентного типа, силы Стокса и скалярной силы Хиггса.

###### **практическое занятие (10 часа(ов)):**

1 дидактическая единица Расчет макроскопических моментов нулевого, первого и второго порядков для восьми-мерной релятивистской равновесной функции распределения Ютнера.

##### Тема 2. Теория релятивистской бесстолкновительной изотропной и магнитоактивной плазмы.

###### **лекционное занятие (10 часа(ов)):**

1 дидактическая единица Релятивистская версия кинетического уравнение Власова. Модель Максвелла-Власова. Коллективное самосогласованное электромагнитное поле в плазме. Дисперсионные соотношения для изотропной релятивистской двухкомпонентной плазмы. Затухание Ландау. Резонансное взаимодействие частиц с электромагнитными волнами в плазме. Релятивистская плазма в сильном магнитном поле. Дисперсионные соотношения для релятивистской магнитоактивной плазмы. Астрофизические и космологические приложения.

###### **практическое занятие (10 часа(ов)):**

1 дидактическая единица Получение релятивистских дисперсионных соотношений для однородной изотропной плазмы и детальный анализ проблемы распространения продольных и поперечных плазменных волн.

##### Тема 3. Феноменологическая релятивистская гидродинамика и электродинамика сплошных сред

###### **лекционное занятие (10 часа(ов)):**

1 дидактическая единица Сильностолкновительные многочастичные системы и их гидродинамическое описание. Феноменологические уравнения баланса числа частиц, энергии-импульса и энтропии. Релятивистские формулировки первого и второго законов термодинамики. Релятивистские модели вязкости и теплопроводности. Ударные волны в релятивистской гидродинамике. Релятивистская магнитогидродинамика. Релятивистская электродинамика сплошных сред, движущихся неравномерно и неоднородно. Астрофизические и космологические приложения

**практическое занятие (10 часа(ов)):**

1 дидактическая единица Анализ проблемы уравнений состояния в релятивистской гидродинамике: расчет соотношений между давлением и плотностью энергии для базовых задач астрофизики и космологии.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Релятивистское кинетическое уравнение и интерпретация макроскопических моментов функции распределения.	8	1-5	подготовка домашнего задания	9	домашнее задание
				подготовка к письменной работе	7	письменная работа
2.	Тема 2. Теория релятивистской бесстолкновительной изотропной и магнитоактивной плазмы.	8	6-10	подготовка домашнего задания	9	домашнее задание
				подготовка к письменной работе	7	письменная работа
3.	Тема 3. Феноменологическая релятивистская гидродинамика и электродинамика сплошных сред	8	11-15	подготовка к контрольной работе	16	контрольная работа
Итого					48	

**5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Использование мультимедийных средств и Интернета.

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Тема 1. Релятивистское кинетическое уравнение и интерпретация макроскопических моментов функции распределения.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Вывести уравнения баланса для кинетического уравнения с интегралом столкновения Больцмана

письменная работа , примерные вопросы:

Вывести кинетическое уравнение и исследовать макроскопические следствия для моделей интеграла столкновений Ландау и Бхатнагара- Гросса - Крука.

## **Тема 2. Теория релятивистской бесстолкновительной изотропной и магнитоактивной плазмы.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Вычислить декремент затухания Ландау в модели релятивистской изотропной двухкомпонентной плазмы

письменная работа , примерные вопросы:

Вычислить декремент затухания Ландау для модели полностью вырожденной релятивистской электронной плазмы

## **Тема 3. Феноменологическая релятивистская гидродинамика и электродинамика сплошных сред**

контрольная работа , примерные вопросы:

Вывод уравнений состояния для полностью вырожденной ферми-системы, ядерной жидкости и кварк-глюонной плазмы

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

### **БИЛЕТЫ К ЭКЗАМЕНАМ**

Билет 1.

1. Локальное и глобальное производство энтропии. Критерии равновесия, хаотизации, организации, необратимости и относительной упорядоченности в открытых системах.
2. Релятивистские формулировки первого и второго законов термодинамики.

Билет 2.

1. Релятивистское кинетическое уравнение. Моменты функции распределения, уравнения баланса и законы сохранения.
2. Релятивистские модели вязкости и теплопроводности и проблема необратимости..

Билет 3.

1. Неэкстенсивная термодинамика и статистика.
2. Ударные волны в релятивистской гидродинамике.

Билет 4.

1. Ланжевеновские стохастические источники и кинетическая теория на расширенном фазовом пространстве.
2. Уравнения баланса числа частиц, энергии-импульса и энтропии.

Билет 5.

1. Деформации и напряжения. Законы Гука и Ньютона.
2. Столкновительное производство энтропии.

Билет 6.

1. Уравнения состояния и скорость распространения звука.
2. Производство энтропии под действием внешних силовых полей.

Билет 7.

1. Релятивистская магнитогидродинамика..
2. Производство энтропии, связанное с пограничными явлениями.

Билет 8.

1. Законы Фурье и Катанео. Тепловой поток и распространение тепла в контексте причинной термодинамики.
2. Электродинамика деформируемых сред. Волны в анизотропных средах.

#### Билет 9.

1. Нелинейное релятивистское обобщение термина вектор потока энтропии. Причинная термодинамика Израэля - Стьюарта.
2. Проблема нелокальности взаимодействий. Среды с памятью.

#### Билет 10.

1. Наследственная теория вязко-упругости Максвелла - Фойгта.
2. Вязкие течения и теплопроводность в контексте причинной термодинамики.

### 7.1. Основная литература:

1. Новиков И.И. Термодинамика. - М.: Изд-во "Лань", 2009. - 592 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=286](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=286) (издательство "Лань")
2. Соболев, В. А. Редукция моделей и критические явления в макрокинетике [Электронный ресурс] / В. А. Соболев, Е. А. Щепакينا. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 320 с. - ISBN 978-5-9221-1269-7.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=48284](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48284)Ландау, Л. Д.
3. Максвелл Дж.К. Труды по кинетической теории. Пер. с англ. под ред. Веденяпина В.В. и Орлова Ю.Н. - М.: "Бином. Лаборатория знаний", 2012. - 406 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4396](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4396) (издательство "Лань")

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Теоретическая физика. В 10 т. Т. 6. Гидродинамика [Электронный ресурс] : Уч. пособ. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 5-е изд., стереот. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 736 с. - ISBN 5-9221-0121-8. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2232](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2232)
2. Иродов, Игорь Евгеньевич. Физика макросистем : основные законы : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов: Бином Лаборатория Знаний : Невский Диалект, 2012. .? 207 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4393](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4393)

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- А. Б. Балакин Введение в релятивистскую электродинамику сплошных сред - [http://www.ksu.ru/f6/bin\\_files/balakinress%2136.pdf](http://www.ksu.ru/f6/bin_files/balakinress%2136.pdf)
- А. Б. Балакин Классические ортогональные полиномы - <http://toig-kazan.narod.ru/education/V/minipoly.pdf>
- А. Б. Балакин Классические тесты теории гравитации - [http://www.ksu.ru/f6/bin\\_files/balakineooto%2135.pdf](http://www.ksu.ru/f6/bin_files/balakineooto%2135.pdf)
- А. Б. Балакин Релятивистская теория многочастичных систем. Часть II. Релятивистская гидродинамика (Конспект лекций) - [http://www.ksu.ru/f6/k6/bin\\_files/1minihydro%213.pdf](http://www.ksu.ru/f6/k6/bin_files/1minihydro%213.pdf)
- А. Б. Балакин Три лекции по теории функций Бесселя - [http://www.ksu.ru/f6/bin\\_files/balakinbessel%2134.pdf](http://www.ksu.ru/f6/bin_files/balakinbessel%2134.pdf)
- Архив электронных публикаций по физике - [www.arxiv.org](http://www.arxiv.org)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Релятивистская кинетика и гидродинамика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:



Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий. Мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор, презентер, экран, колонки).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Балакин А.Б. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Игнатьев Ю.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.