

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»**

Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета  
  
(подпись) И.С. Огнев

23 мая 2023 года

**Рабочая программа дисциплины**

«Вычисление нейтринных процессов в условиях сверхновой»

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

по научной специальности 1.3.3 Теоретическая физика

Форма обучения очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры теоретической физики  
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение методов расчета нейтринных процессов в условиях сверхновой с коллапсом центральной части.

### 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Данная дисциплина является дисциплиной по выбору.

### 3. Планируемые результаты освоения дисциплины: -

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

#### Знать:

- параметры среды в разных частях сверхновой (ядро, внутренняя и внешняя оболочка), их изменение с течением времени;
- основные нейтринные процессы в условиях сверхновой;
- методы расчета квадрата  $S$ -матричного элемента нейтринных процессов во внешнем магнитном поле;
- методы расчета скоростей нейтринных процессов и энергии-импульса, передаваемого от нейтрино к среде с учетом влияния магнитного поля и внешней среды, частично прозрачной для нейтрино.

#### Уметь:

- рассчитывать химические потенциалы частиц среды сверхновой с учетом влияния магнитного поля;
- получать квадраты  $S$ -матричных элементов основных нейтринных процессов в сверхновой с учетом влияния магнитного поля;
- рассчитывать макроскопическую передачу энергии и импульса от нейтрино среде, характерные времена основных нейтринных процессов.

#### Владеть навыками:

- расчета нейтринных процессов во внешнем магнитном поле и частично прозрачной для нейтрино среде.

### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	С е м е с т Р	Виды учебных занятий и их трудоемкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации
			лек ции	пра кти чес кие	лаб ора тор ные	кон сул ьта ции	сам ост оате льн ая раб ота	
1		2	1			0	11	Задания для самостоятельной работы

2		2	1	1			12	Задания для самостоятельной работы
3		2	1	1			11	Задания для самостоятельной работы
4		2	1	1			11	Задания для самостоятельной работы
5		2	1				11	Задания для самостоятельной работы
6		2	1	1			12	Задания для самостоятельной работы
7		2	1	1			12	Задания для самостоятельной работы
8		2	1	1			12	Задания для самостоятельной работы
	<b>Всего 108 час.</b>		<b>8</b>	<b>6</b>		<b>2</b>	<b>92</b>	

### Содержание разделов дисциплины:

#### **Тема 1. Общие сведения о сверхновых с коллапсом центральной части, их классификация.**

Классификация сверхновых, основные этапы взрыва. Параметры среды ядра сверхновой, диффузионное приближение распространения нейтрино. Параметры среды внутренней оболочки, влияние на нее сильного магнитного поля. Аналитические приближения для неравновесной функции распределения нейтрино.

#### **Тема 2. Волновая функция частиц со спином $1/2$ во внешнем магнитном поле. Матрица плотности таких частиц.**

Волновая функция частиц со спином  $1/2$  в бесполовом случае. Матрица плотности таких частиц. Нерелятивистский предел. Решение уравнения Дирака во внешнем магнитном поле для частиц со спином  $1/2$ . Матрица плотности заряженных частиц со спином  $1/2$ , нерелятивистский предел.

#### **Тема 3. Квадрат S-матричных элементов бета процессов во внешнем магнитном поле.**

Вычисление S-матричных элементов бета процессов в низкоэнергетическом пределе. Квадрат S-матричных элементов бета процессов во внешнем магнитном поле.

#### **Тема 4. Коэффициент излучения бета процессов в условиях сверхновой.**

Коэффициент излучения бета процессов для релятивистской умеренно вырожденной среды с учетом непрозрачности среды для нейтринного излучения. Скорости бета-процессов, энергия и импульс, передаваемая от нейтрино среде.

#### **Тема 5. Квадрат S-матричных элементов бета процессов во внешнем магнитном**

поле.

Вычисление S-матричных элементов нейтрино-электронных процессов. Квадрат S-матричных элементов нейтрино-электронных процессов во внешнем магнитном поле.

#### **Тема 6. Энергия и импульс, передаваемые в нейтрино-электронных процессах среде сверхновой с магнитным полем.**

Вычисление энергии и импульса, передаваемого в нейтрино-электронных процессах среде в условиях сверхновой с магнитным полем. Учет непрозрачности среды для нейтринного излучения.

### **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой литературы.

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание аспирантов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы аспирантов. На консультациях по просьбе аспирантов рассматриваются наиболее сложные разделы дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы аспирантов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Вычисление нейтринных процессов в условиях сверхновой» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы аспирантов по темам дисциплины;
- представлен список литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в случае их проведения в дистанционном формате в режиме онлайн.

### **6. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

#### **а) основная литература**

1. Гвоздев А. А., Огнев И. С., Осокина Е.В. Нейтринные процессы во внешнем магнитном поле в технике матрицы плотности. Ярославль: ЯрГУ, 2012. 48 с.

(<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20120703.pdf>)

**б) дополнительная литература**

1. Кузнецов А. В., Михеев Н. В. Электрослабые процессы во внешней активной среде. Ярославль: ЯрГУ, 2010. 336 с.  
(<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100730.pdf>)
2. Гвоздев А. А., Огнев И. С., Чистяков М. В. Введение в релятивистскую астрофизику и современную космологию. Ярославль: ЯрГУ, 2013. 99 с.  
(<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130710.pdf>)

**в) ресурсы сети «Интернет» (при необходимости)**

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

**7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет».

Автор:

Доцент кафедры теоретической физики, к.ф.-м.н. \_\_\_\_\_ И.С. Огнев

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Вычисление нейтринных процессов в условиях сверхновой»**

**Оценочные материалы  
для проведения текущей и/или промежуточной аттестации  
аспирантов по дисциплине**

**1. Контрольные задания и (или) иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Задания для самостоятельной работы**

1. Расчет химических потенциалов электронов и нуклонов в условиях сверхновой с магнитным полем в предположении локального термодинамического равновесия.
2. Волновая функция частиц со спином  $1/2$  во внешнем магнитном поле.
3. Матрица плотности частиц со спином  $1/2$  во внешнем магнитном поле, нерелятивистский предел.
4. Вычисление квадрата S-матричных элементов бета процессов во внешнем магнитном поле.
5. Расчет коэффициента излучения бета-процессов в условиях сверхновой с магнитным полем. Вычисление скоростей процессов и энергии-импульса, передаваемого среде в бета процессах с учетом ее частичной прозрачности для нейтрино.
6. Вычисление квадрата S-матричных элементов нейтрино-электронных процессов во внешнем магнитном поле.
7. Расчет энергии и импульса, передаваемого среде сверхновой в магнитном поле в нейтрино-электронных процессах с учетом частично прозрачности для нейтрино.

**2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

**Список вопросов к зачету:**

1. Классификация сверхновых с коллапсом центральной части. Параметры среды в ядре и внутренней оболочки сверхновой.
2. Расчет химических потенциалов электронов и нуклонов в условиях сверхновой с магнитным полем в предположении локального термодинамического равновесия.
3. Волновая функция частиц со спином  $1/2$  во внешнем магнитном поле.
4. Матрица плотности частиц со спином  $1/2$  во внешнем магнитном поле, нерелятивистский предел.
5. Вычисление квадрата S-матричных элементов бета процессов во внешнем магнитном поле.
6. Расчет коэффициента излучения бета-процессов в условиях сверхновой с магнитным полем. Вычисление скоростей процессов и энергии-импульса, передаваемого среде в бета процессах с учетом ее частичной прозрачности для нейтрино.
7. Вычисление квадрата S-матричных элементов нейтрино-электронных процессов во внешнем магнитном поле.
8. Расчет энергии и импульса, передаваемого среде сверхновой в магнитном поле в нейтрино-электронных процессах с учетом частично прозрачности для нейтрино.

**2.1 Описание процедуры выставления оценки**

Зачет выставляется по результатам выполнения текущей самостоятельной работы и собеседования по вопросам к зачету.

Оценка «зачет» выставляется студенту, который владеет основным объемом знаний по программе дисциплины; знает основную терминологию данной области знаний; логически правильно излагает материал; отвечает на вопросы без существенных ошибок; владеет инструментарием дисциплины, умеет его использовать в решении стандартных (типовых) задач; способен самостоятельно применять типовые решения.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, который не владеет основным объемом знаний по программе дисциплины; не знает основную терминологию данной области знаний; логически неправильно излагает материал; отвечает на вопросы с существенными ошибками; не владеет инструментарием дисциплины, не умеет его использовать в решении стандартных (типовых) задач; не способен самостоятельно применять типовые решения.