Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
_____И.Н. Тимошина
«14» июня 2022 г.

Физика черных дыр и кротовые норы
(название дисциплины)

Программа учебной дисциплины
по научной специальности
1.3.3. Теоретическая физика

Составитель: Червон С.В.,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры физики и
технических дисциплин

Рассмотрено и утверждено на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования (протокол от «25» марта 2022 г. № 5).

Ульяновск, 2022

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 02F7FB69521AAD2C283301E30D456A5F
Владелец: Тимошина Ирина Назимовна
Действителен: с 09.06.2023 до 01.09.2024

1. Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины «Физика черных дыр и кротовые норы» составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиями их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утверждёнными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951 (зарегистрировано в Минюсте России 23.11.2021 № 65943) и в соответствии с учебным планом.

Изучение курса "Физика черных дыр и кротовые норы" способствует формированию математических основ теоретической физики, фундаментальных знаний физики черных дыр и кротовых нор для проведения исследований фундаментальных физических законов.

В ходе изучения дисциплины "Физика черных дыр и кротовые норы" аспиранты приобретают и систематизируют знания о физики черных дыр и кротовых нор.

2. Перечень планируемых результатов обучения (образовательных результатов) по дисциплине

Цель: усвоение аспирантами математических основ теоретической физики, приобретение навыков применения математического аппарата при решении физических задач, освоение фундаментальных знаний физики черных дыр и кротовых нор для проведения исследований фундаментальных физических законов микро– и макро–мира.

Задачи:

— ознакомление с основными понятиями физики черных дыр и кротовых нор;
— освоение особенностей термодинамики черных дыр.

В результате изучения данной дисциплины «Физика черных дыр и кротовые норы» аспирант должен:

знать: базовой терминологии, относящейся к физике черных дыр и кротовых нор;
уметь: строить диаграммы описания глобальной структуры пространства-времени;
владеть: навыками вывода динамических и гравитационных уравнений для изучаемых объектов.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетных единицы (36 часов)
Форма контроля – зачет.

№ п/п	**Раздел дисциплины**	**Год обучения**	**Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)**			**Формы контроля успеваемости Формы промежуточной аттестации *(по итогам освоения дисциплины)***
			Лекции	Семинары Практические занятия	Самостоятельная работа	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1.	Введение	3	**2**	**1**		
2.	Горизонты и геодезические	3		**1**	**3**	Устный опрос

	сферически-симметричного пространства-времени.					Отзыв о прочитанной статье
3.	ЧД Шварцшильда: глобальное описание.	3		**1**	**3**	Устный опрос Отзыв о прочитанной статье
4.	Построение диаграмм Пенроуза	3		**1**	**3**	Зачетная работа
5.	Гравитационный коллапс звезд и образование ЧД.	3	**1**	**1**	**3**	Устный опрос Отзыв о прочитанной статье
6.	Черные дыры со скалярными полями.	3	**1**	**1**	**3**	Семинар
7.	Термодинамика ЧД.	3		**1**	**3**	Устный опрос Отзыв о прочитанной статье
8.	Понятие кротовой норы. Кротовые норы как машина времени.	3		**1**	**3**	Устный опрос Отзыв о прочитанной статье
	Всего		**4**	**8**	**24**	
	Форма контроля					зачет

Краткое описание содержания тем (разделов) дисциплины

Раздел 1. Введение.

Роль и место физики черных дыр и кротовых нор в теоретической физике. Наблюдательные проявления ЧД и кротовых нор.

Раздел 2. Горизонты и геодезические сферически-симметричного пространства-времени.

Решение Райснера – Нордстрема – (анти)-де Ситтера. Горизонты, геодезические, квазиглобальная координата. R- и T-области.

Раздел 3. ЧД Шварцшильда: глобальное описание.

R- и T-области в метрике Шварцшильда. Захват частиц черной дырой. Глобальное описание – метрика Крускала.

Раздел 4. Построение диаграмм Пенроуза.

Переход через горизонт в общем случае. Правило для продолжений через горизонты. Построение диаграмм.

Раздел 5. Гравитационный коллапс звезд и образование ЧД.

Выгорание ядерного топлива звезд. Предел Чандрасекара. Теорема Биркгофа. Глобальная структура пространства-времени коллапсирующей звезды.

Раздел 6. Черные дыры со скалярными полями.

Скалярное поле с минимальной и конформной связью. Решение анти-Фишера. Теоремы запрета для скалярного поля с потенциалом.

Раздел 7. Термодинамика ЧД.

Четыре закона термодинамики ЧД. Испарение черных дыр.

Раздел 8. Понятие кротовой норы. Кротовые норы как машина времени.

Определение и метрики кротовой норы. КН как машина времени. Сферически-симметричные КН. Кротовые норы с безмассовыми скалярными полями.

4. Образовательные технологии

При реализации учебной работы по освоению курса «Физика черных дыр и кротовые норы» используются современные образовательные технологии:

— информационно-коммуникационные технологии;

— проектные методы обучения;
— исследовательские методы в обучении;
— проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: метод проектов, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Важную роль при освоении дисциплины « Физика черных дыр и кротовые норы» играет самостоятельная работа аспирантов. Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приёмами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа аспирантов имеет основную цель - обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями основной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре профиль "Теоретическая физика"

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, семинарах, коллоквиумах, практических занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- Работа с конспектами лекций.
- Проработка пройденных лекционных материалов по конспекту лекций, учебникам и пособиям на основании вопросов, подготовленных преподавателем;
- Написание рефератов по отдельным разделам дисциплины.
- Подготовка научных докладов и творческих работ.
- Проработка дополнительных тем, не вошедших в лекционный материал, но обязательных согласно учебной программе дисциплины;
- Самостоятельное решение сформулированных задач по основным разделам курса.
- Работа над проектами.
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям.
- Изучение обязательной и дополнительной литературы.
- Подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.
- Выполнение контрольных работ.
- Подготовка группового отчета или презентации.

В целях фиксации результатов самостоятельной работы аспирантов по дисциплине проводится аттестация самостоятельной работы.

При освоении дисциплины могут быть использованы следующие формы контроля самостоятельной работы:

- реферат,
- устный опрос,
- контрольная работа,
- другие по выбору преподавателя.

Научный руководитель организует самостоятельную работу аспиранта в соответствии с рабочим учебным планом и графиком, рекомендованным преподавателем. Аспирант

должен выполнить объем самостоятельной работы, предусмотренный рабочим учебным планом, максимально используя возможности индивидуального, творческого и научного потенциала для освоения образовательной программы в целом. Самостоятельная работа аспирантов может носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер. Самостоятельная работа, носящая репродуктивный характер, предполагает, что в процессе работы аспиранты пользуются методическими материалами и методическими пособиями, в которых указывается, в какой последовательности следует изучать материал дисциплины, обращается внимание на особенности изучения отдельных тем и разделов. Самостоятельная работа, носящая частично-поисковый характер и поисковый характер, нацеливает аспирантов на самостоятельный выбор способов выполнения работы, на развитие у них навыков творческого мышления, инновационных методов решения поставленных задач.

Для анализа организации своей самостоятельной работы, аспиранту рекомендуется в письменной форме ответить на предлагаемые вопросы и затем критически проанализировать, насколько эффективно он работает самостоятельно.

Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам, а также доступом к сети Интернет.

6. Примерные оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств

№ п/п	КОНТРОЛИРУЕМЫЕ МОДУЛИ, РАЗДЕЛЫ (ТЕМЫ) ДИСЦИПЛИНЫ	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
1	Горизонты и геодезические сферически-симметричного пространства-времени.	Отзыв о прочитанной статье по данной теме
2	ЧД Шварцшильда: глобальное описание.	Отзыв о прочитанной статье по данной теме
3	Построение диаграмм Пенроуза	Зачетная работа
4	Гравитационный коллапс звезд и образование ЧД.	Отзыв о прочитанной статье по данной теме
5	Черные дыры со скалярными полями.	Семинар
6	Термодинамика ЧД.	Отзыв о прочитанной статье по данной теме
7	Понятие кротовой норы. Кротовые норы как машина времени.	Отзыв о прочитанной статье по данной теме

Оценочное средство для темы 1.

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Кафедра физики и технических дисциплин

Оценочное средство 1.

Отзыв
о прочитанной статье по данной теме

по дисциплине Физика черных дыр и кротовые норы

Задание:
- найти статью по теме: «Горизонты и геодезические сферически-симметричного пространства-времени»

- написать отзыв
(письменно в тетради)

Составитель_______ С. В. Червон
(подпись)

«___» _____20__ г.

Оценочное средство для темы 2.

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Кафедра физики и технических дисциплин

Оценочное средство 2.

Отзыв
о прочитанной статье по данной теме

по дисциплине Физика черных дыр и кротовые норы

Задание:
- найти статью по теме: «ЧД Шварцшильда: глобальное описание»
- написать отзыв
(письменно в тетради)

Составитель_____ С. В. Червон
(подпись)

«___» _____20__ г.

Оценочное средство для темы 3.

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Кафедра физики и технических дисциплин

Оценочное средство 3.

Зачетная работа по теме **Построение диаграмм Пенроуза**

по дисциплине Физика черных дыр и кротовые норы

Задание:
- найти статью по теме: «Построение диаграмм Пенроуза»
- написать отзыв
(письменно в тетради)

Составитель_____ С. В. Червон
(подпись)

«___» _____20__ г.

Оценочное средство для темы 4.

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Кафедра физики и технических дисциплин

Оценочное средство 4.

Отзыв
о прочитанной статье по данной теме

по дисциплине Физика черных дыр и кротовые норы

Задание:
- найти статью по теме: «Гравитационный коллапс звезд и образование ЧД»

- написать отзыв
(письменно в тетради)

Составитель_____ С. В. Червон
(подпись)

«___» _____20__ г.

Оценочное средство для темы 5.

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Кафедра физики и технических дисциплин

Оценочное средство 5.

Семинар по теме **Черные дыры со скалярными полями**
по дисциплине Физика черных дыр и кротовые норы

Задание:
- ответить на вопросы
(письменно в тетради)

Составитель_____ С. В. Червон
(подпись)

«___» _____20__ г.

Оценочное средство для темы 6.

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Кафедра физики и технических дисциплин

Оценочное средство 6.

Отзыв
о прочитанной статье по данной теме

по дисциплине Физика черных дыр и кротовые норы

Задание:
- найти статью по теме: «**Термодинамика ЧД**»

- написать отзыв
(письменно в тетради)

Составитель_____ С. В. Червон
(подпись)

«___» _____20__ г.

Оценочное средство для темы 7.

Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Кафедра физики и технических дисциплин

Оценочное средство 7.

Отзыв
о прочитанной статье по данной теме

по дисциплине Физика черных дыр и кротовые норы

Задание:
- найти статью по теме: «Понятие кротовой норы. Кротовые норы как машина времени»

- написать отзыв
(письменно в тетради)

Составитель_____ С. В. Червон
(подпись)

«___» _____20__ г.

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля по освоению дисциплины «Физика черных дыр и кротовые норы»:

1. Диаграмма Крускала для метрики Шварцшильда.
2. Теоремы о глобальной структуре для самодействующего скалярного поля.
3. Общие свойства сферически-симметричных кротовых нор.

Критерии формирования зачетной оценки

Зачет имеет своей целью проверить и оценить уровень полученных аспирантами знаний и умение применять их к решению практических задач, овладение практическими навыками и умениями в объеме требований учебной программы, а также качество и объем индивидуальной работы аспирантов.

Зачет принимает преподаватель, ведущий лекционные занятия по данной дисциплине. Зачет проводится в объеме рабочей программы по билетам. При проведении зачета в каждый билет включаются два теоретических вопроса. Билетов должно быть на 20% больше числа аспирантов в учебной группе. Предварительное ознакомление аспирантов с билетами не разрешается. Кроме указанных в билете вопросов преподаватель имеет право задавать дополнительные вопросы с целью уточнения объема знаний аспирантов и оценки качества усвоения теоретического материала и практических навыков и умений.

Оценка "зачтено" ставится, если аспирант в полном объёме ответил на поставленные вопросы.

Зачет проводится в учебной аудитории. Аспиранты, не сдавшие зачет, сдают его повторно в соответствии с графиком, разработанным отделом подготовки научно-педагогических кадров.

Итоговый контроль проводится в виде зачета.

7. Методические указания для аспирантов по освоению дисциплины

Успешное изучение дисциплины требует от аспирантов регулярной и активной работы на практических занятиях, выполнения предлагаемых учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

При подготовке к практическим занятиям аспирант изучает теоретический материал по теме занятия.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, Интернет-ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Мурзин, В. С. Астрофизика космических лучей : учебное пособие / В.С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 489 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-98704-171-6. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84789
2. Фаулз, Д. Кротовые норы [Текст] : [сборник автокрит. эссе] / пер. с англ. И. Бессмертной, И. Тогоевой. - Москва : АСТ, 2004. - 632,[4] с. - ISBN 5-17-021633-5
3. Левитан, Е. П. Физика Вселенной : экскурс в проблему [Текст] . - 3-е изд. - Москва : Либроком : УРСС, 2008. - 181 с. - Список лит.: с. 179-181. - ISBN 978-5-397-00427-5

Дополнительная литература:

1. RUSGRAV-14 = 14-ая Российская гравитационная конференция - Международная конференция по гравитации, космологии и астрофизике 27 июня - 2 июля 2011 и 4-я Ульяновская междунар. школа-семинар "Проблемы теоретической и наблюдательной космологии" 1 июля - 7 июля 2011 года, Ульяновск, Ульян. гос. пед. ун-т им. И.Н. Ульянова [Текст] : науч. программа / Рос. гравитационное об-во, УлГПУ им. И.Н. Ульянова, Центр гравитации и фундамент. метрологии ВНИИМС и др.; [отв. ред. С.В. Червон]. - Ульяновск : УлГПУ, 2011. - 31 с. - ISBN 978-5-86045-429-3

2. Уолд, Р. М. Общая теория относительности [Текст] = General Relativity / пер. с англ.: В.Р. Гаврилов и др., ред. пер.: И.Л. Бухбиндер, С.В. Червон. - Москва : Российский университет дружбы народов, 2008. - 692,[1] с. : ил. - Список лит.: с. 665-681 (на англ. яз.). - ISBN 978-5-209-02964-9
3. Шапиро, С. Л. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. 2 / С.Л. Шапиро; С.А. Тьюколски. - Москва : Мир, 1985. - 399 с.
URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=45372

Интернет-ресурсы

http//www.bank/referatov.ru – Банк рефератов
http//www.stratum.pstu.ac.ru – Электронная библиотека
http//www.rba.ru – Российская библиотека
http//www.194.226.30.32/book.htm – Фондовая библиотека президента России
http//www.limin.urc.ac.ru – Виртуальная библиотека
http//www.knigafund.ru – Электронная библиотечная система «Книга-Фонд»
http//www.polpred.com – Интернет-сервисы
http//www.edu.ru – Федеральный портал «Российское образование»

9. Материально- техническое обеспечение дисциплины

Для проведения занятий по дисциплине «Космологическая инфляция и крупномасштабная структура Вселенной», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

– лекционная аудитория, оснащенная мультимедийными проекторами с возможностью подключения к Wi-Fi, досками для демонстрации учебного материала;

– специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;

– аппаратурное и программное обеспечение (и соответствующие методические материалы) для проведения самостоятельной работы по дисциплине.

Лист согласования

Рабочая программа учебной дисциплины «Физика чёрных дыр и кротовые норы**».**
Составитель: С.В. Червон. – Ульяновск: УлГПУ, 2022. - 14 с.

Программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиями их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утверждёнными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951 (зарегистрировано в Минюсте России 23.11.2021 № 65943) и положением о порядке разработки, утверждения и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова».

Составитель рабочей программы:
д.ф.-м.н., профессор,
профессор кафедры физики
и технических дисциплин _____ С.В. Червон
(должность, ученое звание, степень) *(подпись)* *(И. О. Фамилия)*

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры физики и технических дисциплин
Протокол № 8(74) от «21» марта 2022 г.

Рабочая программа утверждена на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования
Протокол № 5 от «25» марта 2022 г.

Председатель ученого совета факультета
«25» марта 2022 г. _____ Е.М. Громова
(*подпись)* *(И.О. Фамилия*)

СОГЛАСОВАНО:

Начальник ОПНПК _____ Е.Ю. Истомина
(*подпись)* *(И.О. Фамилия*)