

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 13.10.2022 14:14  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»**

**Учебно-научный институт гравитации и космологии**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП) – разработчика ОП ВО)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Многомерная гравитация**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

**03.04.02 Физика**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной  
профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП  
ВО):**

**Гравитация, космология и релятивистская астрофизика.**

**Реализуется на английском языке**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2022 г.**

### Цели и задачи дисциплины:

Курс направлен на изучение основных понятий анализа на многообразиях и применению его в простейших многомерных моделях космологического типа. Его назначение состоит в формированию математически строго подхода к при решении задач многомерной гравитации, в том числе, с использованием лагранжевого подхода.

1. **Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина «Многомерная гравитация» относится к дисциплинам вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению 03.04.02 «ФИЗИКА». Предполагается владение студентом знаниями из общей физики в соответствии со следующими компетенциями:

- способность оперировать углубленными знаниями в области математики и естественных наук (ОПК-1);
- способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использоПвать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение (УК-3);
- способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности (ОПК-6).

*(указывается цикл, к которому относится дисциплина; формулируются требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, необходимым для ее изучения; определяются дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)*

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (ОПК-1).

*(указываются в соответствии с ФГОС ВО)*

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** основные понятия анализа на многообразиях, (псевдо-)римановой геометрии и простейшие многомерные модели математической космологии

**Уметь:** использовать в научном процессе знание фундаментальных основ, современных достижений и тенденций в теории гравитации, профессионально оформлять и представлять результаты исследований;

**Владеть:** основами дифференциальной геометрии и лагранжевой механики при изучении современных многомерных моделей теории гравитации.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	24		24		
В том числе:					

Лекции	9		9		
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)	15		15		
Лабораторные работы (ЛР)					
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>84</b>		<b>84</b>		
В том числе:					
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат	40		40		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Подготовка в семинарских занятиях	42		42		
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	2		2		
Общая трудоемкость	часа	108	108		
	зач. ед.	3	3		

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	<b>Элементы анализа в банаховых пространствах</b>	Линейные нормированные пространства, банаховы пространства. Линейные отображения банаховых пространств. Дифференцируемые отображения банаховых пространств (по Фреше). Производная Фреше. Производная композиции функций. Теорема об обратной функции.
2.	<b>Гладкие многообразия.</b>	Карта на множестве. Гладкая согласованность карт. Атлас, эквивалентные атласы, полный атлас. Гладкое многообразие. Примеры гладких многообразий. Произведение многообразий. Топология гладких многообразий.
3.	<b>Гладкие отображения многообразий.</b>	Гладкие отображения многообразий - морфизмы. Примеры гладких отображений. Композиция гладких отображений. Понятие категории и функтора. Категория гладких многообразий. Примеры гладких многообразий.
4.	<b>Касательные пространства и касательные отображения.</b>	Касательный вектор в точке. Касательное пространство (к гладкому многообразию) в точке. Кокасательное пространство. Касательное отображение в точке, отвечающее гладкому отображению. Касательное отображение композиции гладких отображений. Базис в

		касательном пространстве, порождённый картой. Дифференциал вещественнозначной функции. Дуальный базис в кокасательном пространстве.
5.	<b>Элементы (псевдо-)римановой геометрии.</b>	Метрика на линейном пространстве. Метрика на гладком многообразии. Запись метрики в карте. Символы Кристоффеля-Шварца. Тензоры Римана и Риччи, скалярная кривизна. Ковариантная производная. Уравнения геодезических. Основные свойства тензора Римана. Тождество Бьянки.
6.	<b>Многомерная модель космологического типа с диагональной метрикой.</b>	Компоненты тензора Римана и Риччи для диагональной метрики. Лагранжево представление для вакуумной модели с цепочкой одномерных пространств. Минисуперметрика и её диагонализация. Функция хода. Решение казнеровского типа в гармоническом и синхронном временах и его обобщение на случай двух риччи-плоских фактор-пространств. Квантовый случай: уравнение Уиллера-ДеВитта и его решение.
7.	<b>Многомерное пространство де-Ситтера.</b>	n-мерное пространство де-Ситтера $dS^n$ . Глобально определённая метрика, описывающая расширение (n-1)-мерной сферы. Уравнения Эйнштейна с космологической постоянной. Проверка решения для $dS^n$ . Обобщение решения на случай, когда вместо (n-1)-мерной сферы - пространство Эйнштейна со скалярной кривизной $(n-1)(n-2)$ .
8.	<b>Многомерная гравитационная модель с анизотропной жидкостью.</b>	(n+1)-мерная гравитационная модель с однокомпонентной анизотропной жидкостью. Уравнения Эйнштейна. Уравнение непрерывности и его интеграл. Лагранжево представление уравнений Эйнштейна. Точные решения со степенным и экспоненциальным поведением масштабных факторов. Примеры решений с ускоренным расширением 3-мерного пространства.
9.	<b>Многомерная гравитационная модель с полем внешней формы.</b>	Внешние формы на гладком многообразии, внешнее произведение, внешний дифференциал. Многомерная гравитационная модель с полем внешней формы. Лагранжево представление уравнений движения для Sp-бранного анзаца. Sp-бренные решения с цепочкой 1-мерных пространств.

*(Содержание указывается в дидактических единицах. По усмотрению разработчиков материал может излагаться не в форме таблицы)*

## **5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Не предусмотрены.

### 5.3. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
1.	<b>Элементы анализа в банаховых пространствах</b>	1			2	9	12
2.	<b>Гладкие многообразия.</b>	1			2	9	12
3	<b>Гладкие отображения многообразий.</b>	1			2	9	12
4.	<b>Касательные пространства и касательные отображения.</b>	1			2	9	12
5.	<b>Элементы (псевдо-)римановой геометрии.</b>	1			2	9	12
6.	<b>Многомерная модель космологического типа с диагональной метрикой.</b>	1			2	9	12
7.	<b>Многомерное пространство де-Ситтера.</b>	1			2	9	12
8.	<b>Многомерная гравитационная модель с анизотропной жидкостью.</b>	1			1	9	11
9.	<b>Многомерная гравитационная модель с полем внешней формы.</b>	1			1	10	12

### 6. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум не предусмотрен.

### 8. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Дифференциальная геометрия и классическая механика.

О вычислении флаксбранных полиномов для простых алгебр Ли

Лагранжев подход в  $(n+1)$ -мерной модели Эйнштейна-Гаусса-Бонэ и  $n$ -мерная метрика Бервальда-Моора.

### 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1.) Б.А. Дубровин, С.П. Новиков, А.Т. Фоменко, Современная геометрия, - М.: Наука, 1979. – 759 с.

2.) Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Курс теоретической физики. Т. 2. Теория поля, - М. Наука, 1973. – 504 с.

3.) С.С. Кокарев, Введение в общую теорию относительности: учебное пособие – Ярославль, ЯрГУ, 2010. – 368 с.

4.) V.R. Gavrillov, V.D. Ivashchuk and V.N. Melnikov, Integrable Pseudo-Euclidean Toda-like Systems in Multidimensional Cosmology with Multicomponent Perfect Fluid., J. Math. Phys., V. 36, No 10, 5829-5847 (1995) (gr-qc/9407019).

5.) V.D. Ivashchuk and V.N. Melnikov, Exact solutions in multidimensional gravity with antisymmetric forms, topical review, Class. Quantum Grav., V. 18, R82-R157 (2001); hep-th/0110274.

б) дополнительная литература

1. М.М. Постников. Лекции по геометрии. Сем. V: Риманова геометрия – М.: Факториал, 1998.- 496 с.

2. Ю.С. Владимиров. Пространство-время: явные и скрытые размерности. - М.: Наука, 1989.

3. Р.М. Уолд, Общая теория относительности. Пер. с английского под ред. И.Л. Бухбиндера, С.В. Червона. – М.: РУДН, 2008. – 693 с.

4. В.И. Арнольд. Математические методы классической механики. - М. Наука, 1979. – 432с.

#### **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

При чтении лекций и презентации рефератов используются современные информационные технологии.

#### **11. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:**

В процессе изучения материала студенты знакомятся с литературными источниками по предлагаемой тематике. По окончании курса проводится итоговый контроль знаний (зачет и экзамен).

*(указываются рекомендуемые модули внутри дисциплины или междисциплинарные модули, в состав которых она может входить, образовательные технологии, а также примеры оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации)*

---

#### **Разработчики:**

профессор

УНИГК

В.Д. Иващук

Должность,

название кафедры,

(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_

Должность,

\_\_\_\_\_

название кафедры,

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия)

**Заведующий**

УНИГК

А.П. Ефремов

название кафедры,

инициалы, фамилия

