

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая теория относительности

Кафедра теоретической и вычислительной физики
Физического факультета
Образовательная программа
03.04.02 «ФИЗИКА»

Профиль подготовки
Теоретическая и математическая физика

Уровень высшего образования – Магистр

Форма обучения – очная

Статус дисциплины: дисциплина по выбору

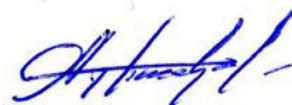
Махачкала 2022 год

Рабочая программа дисциплины «Общая теория относительности» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 – «Физика» (уровень магистратура) от «07» августа 2020г. № 914

Разработчик: кафедра теоретической и вычислительной физики,
Муртазаев Акай Курбанович, д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры теоретической и вычислительной физики
23 марта 2022г., протокол №7.

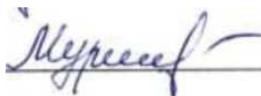
Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «25»
25 марта 2022г., протокол №7

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована

с учебно-методическим управлением « 30» марта 2022г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины.

Дисциплина «Общая теория относительности» входит часть дисциплин по выбору образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 – «Физика» (профиль – Теоретическая и математическая физика).

Дисциплина реализуется на физическом факультете теоретической и вычислительной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с ознакомлением с одной из основополагающих мировоззренческих теорий, а именно теории гравитационного поля по Эйнштейну.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

общефессиональных –ОПК-4;
 профессиональных – ПК-4, ПК-5, ПК-6.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия и самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме текущий контроль в форме опросов, контрольной работы и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Се мес тр	Учебные занятия							Форма промежutoч ной аттестации (зачет, дифференци рованный зачет, экзамен	
	в том числе								
	Все го	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числ е экза мен		
		Всег о	из них						
	Лекц ии		Лаборат орные занятия	Практи ческие заняти я	КСР	консул ьтации			
2	108	30	16	-	14	-	-	78	Зачет

1. Цели освоения дисциплины.

Целями освоения дисциплины «Общая теория относительности» являются ознакомление с одной из основополагающих мировоззренческих теорий, а именно теории гравитационного поля по Эйнштейну.

Задачами освоения данной дисциплины являются ознакомление с уравнениями тяготения по Эйнштейну, с формулами связывающими распределение масс в пространстве и тензором кривизны пространства, а также со следствиями вытекающими из ОТО, касающимися моделей Вселенной и расширения Вселенной.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры.

Дисциплина входит в вариативную часть по выбору образовательной программы магистратуры по направлению 03.04.02 – «Физика» (профиль – Теоретическая и математическая физика). Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, аналитическая геометрия, дифференциальные уравнения, дифференциальная геометрия и топология, электродинамика и квантовая теория. Освоение дисциплины позволит в дальнейшем изучать курсы естественнонаучного цикла, спецкурсы по выбору магистра.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований.	Знает: теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений. Умеет: самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и	Письменный опрос
	ОПК-4.2. Предлагает возможные варианты		

	внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.	теоретических исследований; анализировать и интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент; правильно применять различные теоретические модели для анализа результатов эксперимента. Владеет: основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований; адекватными методами планирования и решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики и смежных с физикой науках; - навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; - владеет логикой научного исследования, терминологическим аппаратом научного исследования в выбранной области физики и смежных с физикой науках; - современной аппаратурой и информационными технологиями для применения и внедрения результатов научной деятельности.	
ПК-4. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских	ПК-4.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий исследований	Знает: теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений.	Письменный опрос

задач в выбранной области физики и смежных с физикой науках	<p>ПК-4.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p>	<p>Умеет: самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и теоретических исследований; анализировать и интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент; правильно применять различные теоретические модели для анализа результатов эксперимента. Владеет: основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований; адекватными методами планирования и решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики и смежных с физикой науках; - навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; - владеет логикой научного исследования, терминологическим аппаратом научного</p>	
	<p>ПК-4.3. Анализирует и обобщает результаты научно-исследовательских работ с использованием современных достижений науки и техники.</p>		
	<p>ПК-4.4. Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.</p>		

		<p>исследования в выбранной области физики и смежных с физикой науках;</p> <p>- современной аппаратурой и информационными технологиями для применения и внедрения результатов научной деятельности.</p>	
<p>ПК-5.</p> <p>Способен самостоятельно проводить физические исследования, анализировать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований.</p>	<p>ПК-5.1.</p> <p>Способен анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.</p>	<p>Знает: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений; критерии выбора методов и методик исследований; правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов.</p> <p>Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы.</p> <p>Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; выполнением оценки и обработки результатов исследования; навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.</p>	
	<p>ПК-5.2. Создает теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства исследуемых объектов, и разрабатывает предложения по внедрению результатов.</p>		
	<p>ПК-5.3.</p> <p>Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии.</p>		
	<p>ПК-5.4. Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике</p>		

	проводимых исследований.		
<p>ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физики твердого тела.</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p>Знает: методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики твердого тела; физические основы проведения исследований методами теоретической и математической физики; Умеет: пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики твердого тела; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники. Владеет: методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики твердого тела; некоторыми диагностические методы исследования теоретической и математической физики; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики твердого тела навыками исследования физических процессов, протекающих в сложных физических системах</p>	Письменный опрос
	<p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в теоретической и математической физике</p>		
	<p>ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физики твердого тела.</p>		
	<p>ПК-6.4. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов</p>		

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра) /Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Введение в ОТО. Математический аппарат ОТО.									
1.	Принцип эквивалентности. Локальные базисные векторы. Математический аппарат.	1		2	1			4	опрос
2.	Четырехмерные векторы и тензоры.			1	1			3	опрос
3.	Метрический тензор.			1	1			3	опрос
4.	Расстояние и промежутки времени в ОТО.			-				2	опрос
5.	Ковариантное дифференцирование			1	2			4	опрос
6.	Параллельный перенос векторов.			-	2			4	опрос
7.	Локально-геодезическая система координат.			-				2	опрос
8.	Измерение объемов в римановом пространстве.			1	1				Опрос
Итого по модулю 1				6	8			22	Конт.раб.
Модуль 2. Кривизна пространства. Уравнения гравитационного поля.									
1.	Тензор кривизны.			-	1	-	-	1	опрос

2.	Внешняя и внутренняя кривизна.	1	-	1	-	-	2	опрос
3.	Риманова кривизна.		1	-	-	-	2	опрос
4.	Тензор энергии и импульса в ОТО.		-	-	-	-	3	опрос
5.	Уравнения гравитационного поля.		1	1	-	-	1	опрос
6.	Космологический член. Принцип Маха.		2	-	-	-	1	опрос
7.	Открытая модель Вселенной.		2	1	-	-	3	опрос
8.	Закрытая модель Вселенной.		-	1	-	-	1	опрос
9.	Гравитационный коллапс. Черные дыры.		2	-	-	-	2	опрос
10.	Следствия ОТО.		-	1	-	-	2	опрос
11.	Теория Большого взрыва.		2		-	-	2	опрос
Итого по модулю 2			10	6	-	-	20	
Модуль3 самостоятельная работа							36	
ИТОГО			16	14			78	зачет

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Введение в ОТО. Математический аппарат ОТО.

Введение в ОТО. Математический аппарат ОТО. Принцип эквивалентности. Локальные базисные векторы. Математический аппарат. Четырехмерные векторы и тензоры. Расстояние и промежутки времени в ОТО. Ковариантное дифференцирование. Параллельный перенос векторов. Локально-геодезическая система координат. Измерение объемов в римановом пространстве.

Модуль 2. Кривизна пространства. Уравнения гравитационного поля.

Тензор кривизны. Внешняя и внутренняя кривизна. Тензор энергии и импульса в ОТО. Уравнения гравитационного поля. Космологический член. Принцип Маха. Открытая модель Вселенной. Закрытая модель Вселенной. Гравитационный коллапс. Черные дыры. Следствия ОТО. Теория Большого взрыва.

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

Содержание темы	Объем в часах
-----------------	---------------

Модуль 1. Введение в ОТО. Математический аппарат ОТО.	
Математический аппарат ОТО. Ковариантное дифференцирование.	2
Расстояния и промежутки времени в ОТО. Параллельный перенос векторов.	3
Модуль 2. Кривизна пространства. Уравнения гравитационного поля.	
Кривизна линии, поверхности. Кривизна пространств. Тензор кривизны.	2
Тензор энергии и импульса в ОТО. Уравнения гравитационного поля.	2
Следствия ОТО.	1

5. Образовательные технологии.

В течение семестра студенты посещают лекции, решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Основы ОТО. Математический аппарат ОТО.	Локальные базисные векторы.
Четырехмерные векторы и тензоры.	Определение векторов и тензоров. Контра- и ковариантные компоненты различных термодинамических процессов. Принципы адиабатической и изотермической недостижимости.
Метрический тензор.	Сигнатурные условия. След тензора.
Расстояния и промежутки в ОТО.	Метрический тензор трехмерного пространства.
Ковариантное дифференцирование.	Абсолютный дифференциал. Символы Кристоффеля.
Параллельный перенос векторов.	Изменение компонент векторов при параллельном переносе.
Измерение объемов в римановом пространстве.	Якобиан преобразования. Связь метрического тензора с локальными
Тензор кривизны.	Кривизна по Гауссу. Внешняя и внутренняя кривизна.
Тензор энергии импульса в ОТО.	Свойства тензора энергии импульса. Тензор энергии в пустом пространстве.
Уравнение гравитационного поля.	Космологический член в уравнениях Эйнштейна однозначность уравнений.
Модели Вселенной.	СОЕ - модель. Модели закрытая и открытая.
Черные дыры.	Свойства черных дыр. Изучение гравитационных волн.
Следствия ОТО.	Смещение перигелия Меркурия. Отклонение световых лучей в поле тяготения Солнца.
Теория Большого взрыва.	Размеры Вселенной в начале взрыва и сейчас. Сценарии расширения Вселенной.

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации магистранта (зачет). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

Студентам представляется раздаточный материал: тезисы лекций, перечень обязательных задач, темы курсовых работ, методическое пособие и литература.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания.

7.1.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

1. Элементы СТО и ОТО в курсе физики средней школы.
2. Куб теорий.
3. Принцип эквивалентности. Две формулировки.
4. Движение точки в различных системах отсчета.
5. Переносные и кориолисовы силы инерции.
6. Сходство и различие сил инерции и гравитационных сил.
7. Математический аппарат ОТО. Локальные базисные векторы.
8. Псевдоортонормированные базисы.
9. Четырехмерные векторы и тензоры. Контра- и ковариантные компоненты векторов.
10. Метрический тензор. Сигнатурные условия.
11. Расстояния и промежутки в ОТО. Трехмерный метрический тензор.
12. Ковариантное дифференцирование. Абсолютный дифференциал.
13. Символы Кристоффеля.
14. Параллельный перенос векторов. Изменение ковариантных и контравариантных компонент векторов при параллельном переносе.
15. Измерение объемов в римановом пространстве.
16. Тензор кривизны. Число независимых компонент тензора.
17. Тензор энергии – импульса в ОТО. Закон сохранения энергии.
18. Уравнения гравитационного поля. Тензор Ригги.
19. Закрытая модель Вселенной.
20. Открытая модель Вселенной.
21. Расширение Вселенной по Фридману.
22. Смещение перигелиев орбит планет.
23. Отклонение световых лучей в поле тяготения Солнца.
24. Гравитационное красное смещение спектральных линий.
25. Гравитационный коллапс. Черные дыры.
26. Теория Большого взрыва. Сценарий расширения Вселенной.

7.1.2. Перечень вопросов к зачету.

1. Принцип эквивалентности.
2. Куб теории.
3. Локальные базисные векторы.
4. Метрический тензор.
5. Четырехмерные векторы и тензоры.
6. Силы гравитации и силы инерции.
7. Расстояние в ОТО.
8. Промежутки времени в ОТО.
9. Сигнатурные условия.
10. Абсолютный дифференциал.
11. Производные от локальных базисных векторов.
12. Символы Кристоффеля.
13. Параллельный перенос векторов.
14. Тензор кривизны. Связь его с метрическим тензором.
15. Уравнения Эйнштейна.
16. Космологический член в ОТО.
17. Принцип Маха.
18. Модели Вселенной.
19. СОВ - модель.
20. Расширение Вселенной.
21. Модели Фридмана.
22. Гравитационный коллапс. Черные дыры.

7.1.3. Примерные контрольные тесты для текущего и итогового контроля подготовленности студентов по курсу.

1. Какое из нижеприведенных утверждений является правильной формулировкой принципа эквивалентности?
 - А. Инерциальная система отчета, движущаяся со скоростью \vec{V} , эквивалентна гравитационному полю.
 - Б. Инертная масса равна удвоенной гравитационной массе.
 - В. Неинерциальная система отчета, движущаяся с постоянным ускорением \vec{g} эквивалентна однородному гравитационному полю с ускорением \vec{g}

Г. Система отчета, движущаяся с постоянной скоростью V , эквивалентна гравитационному полю.

Д. Неинерциальная система отчета эквивалентна полю тяготения с ускорением $2g$.

2. В какой системе координат дифференциал интервала ds имеет вид:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

А. Во вращающейся.

Б. В галилеевой.

В. В ускоренной.

Г. В цилиндрической.

Д. В неинерциальной.

3. Какому условию удовлетворяет определитель g , составленный из компонент g_{ik} метрического тензора, в реальном пространстве-времени?

А. $g > 0$

Б. $g = 0$

В. $g \leq 0$

Г. $g < 0$

Д. $g \geq 0$

4. Какое из равенств правильно выражает связь между компонентами метрического тензора $\gamma_{\alpha\beta}$ трехмерного пространства и компонентами метрического тензора g_{ik} четырехмерного пространства-времени?

А. $\gamma_{\alpha\beta} = -g_{\alpha\beta} + \frac{g_{0\alpha}g_{0\beta}}{g_{00}}$

Б. $\gamma_{\alpha\beta} = -g_{\alpha\beta} + g_{0\alpha}g_{0\beta}$

В. $\gamma_{\alpha\beta} = g_{\alpha\beta} + g^{0\alpha}g_{0\beta}$

Г. $\gamma_{\alpha\beta} = g_{\alpha\beta} + g_{0\alpha}g_{0\beta}$

Д. $\gamma_{\alpha\beta} = -g_{\alpha\beta} - g_{0\alpha}g_{0\beta}$

5. Параллельным переносом вектора называется перенос, при котором компоненты вектора:

А. в галилеевых координатах меняются;

Б. в галилеевых координатах меняются не все координаты;

В. в неинерциальных координатах не меняются;

Г. меняются во всех координатах;

Д. в галилеевых координатах не меняются.

6. Если система координат является локально-геодезической, то в этой системе:

- А. все символы Кристоффеля не равны нулю только в одной точке;
- Б. равны нулю символы Кристоффеля Γ_{ik}^m , у которых нижние индексы одинаковы;
- В. равны нулю символы Кристоффеля не во всех точках;
- Г. все символы Кристоффеля равны нулю в любой наперед заданной точке;
- Д. равны нулю символы Кристоффеля Γ_{ik}^m , у которых нижние индексы неодинаковы.

7. Какая из формул правильно выражает связь между символами Кристоффеля Γ_{kl}^i второго рода и $\Gamma_{i,kl}$ первого рода?

- А. $\Gamma_{kl}^i = g^{im} \Gamma_{m,kl}$
- Б. $\Gamma_{kl}^i = g_{im} \Gamma_{m,kl}$
- В. $\Gamma_{kl}^i = g^{il} \Gamma_{l,k}$
- Г. $\Gamma_{kl}^i = g^{ki} \Gamma_{k,kl}$
- Д. $\Gamma_{kl}^i = g_{kl} \Gamma_{i,kl}$

8. Какое из утверждений является правильным?

- А. частота света не меняется при приближении к создающим гравитационное поле телам;
- Б. частота света увеличивается при удалении от тел, создающих гравитационное поле;
- В. частота света возрастает при приближении телам, создающим гравитационное поле;
- Г. частота света уменьшается при приближении к телам, создающим гравитационное поле;
- Д. частота света не зависит от удаления или приближения к телам, создающим гравитационное поле.

9. Укажите формулу, определяющую изменение компонент вектора при параллельном переносе вдоль бесконечно малого замкнутого контура:

- А. $\Delta A_k = \oint \Gamma_{kl}^i A^l dx_i$
- Б. $\Delta A_k = \oint \Gamma_{il}^k A^i dx^l$
- В. $\Delta A_k = \oint \Gamma_{kl}^i A^l dx_i$
- Г. $\Delta A_k = \oint \Gamma_{il}^k A^l dx_k$
- Д. $\Delta A_k = \oint \Gamma_{kl}^i A^l dx^l$

10. Если четырехмерное пространство является плоским, то:

- А. компоненты тензора кривизны больше нуля;
- Б. все компоненты тензора кривизны равны нулю;
- В. все компоненты тензора кривизны меньше нуля;

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 15 баллов,
- выполнение домашних работ – 15 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 20 баллов,
- выполнение контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Борчердс Р.Е. Квантовая теория поля [Электронный ресурс] / Р.Е. Борчердс. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2006. — 96 с. — 978-5-93972-627-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16540.html> (17.10.2018)
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля / под ред. Л.П. Питаевского / М.: Физматлит, 2014. — изд-е 8-е. — 508с. — ISBN: 978-5-9221-1568-1;
3. Зельманов А.Л., Агаков В.Г. Элементы общей теории относительности. М.: Наука, 1989. — 240с. — ISBN 5-02-014064-3;
4. Кокарев С.С. Введение в общую теорию относительности / М.: URSS, 2010. — 368с. — ISBN 978-5-8397-0701-6;
5. Вейль Г. Пространство. Время. Материя. Лекции по общей теории относительности. / Перевод с немецкого / М.:URSS, 2015. — 464с. — ISBN 978-5-9710-1375-4;
6. Рашевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. Евклидовы пространства и аффинные пространства. Тензорный анализ. Математические основы специальной теории относительности. / М.: URSS, 2014. — т.1.— изд-е 8 — 352с. — ISBN 978-5-396-00577-8;
7. Рашевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. Римановы пространства и пространства аффинной связности. Математические основы общей теории относительности. / М.: URSS, 2014. — т.2.— изд-е 8 — 336с. — ISBN 978-5-396-00578-5.

дополнительная литература:

1. Абрамов А.А. Введение в тензорный анализ и риманову геометрию. / М.:

- URSS, 2012. – изд.3 – 128с. – ISBN 978-5-397-02711-3;
2. Картан Э. Геометрия римановых пространств / пер. с фран. / М.: URSS, 2012. – изд.2 – 440с. – ISBN 978-5-4344-0085-5;
 3. Синг Дж.Л. Общая теория относительности / перевод с английского / М.: Иностранная литература, 1963. – 432с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке(доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. - Махачкала, г. - Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. - URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).
4. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
2. Национальная электронная библиотека <https://нэб.пф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
3. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
4. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
5. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
6. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
10. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
11. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
12. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные

учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.

13. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций и семинаров, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. На семинарских занятиях деятельность студента заключается в активном обсуждении задач, решенных другими студентами, решении задач самостоятельно, выполнении контрольных заданий. В случае, если студентом пропущено лекционное или семинарское занятие, он может освоить пропущенную тему самостоятельно с опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче зачета.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

- Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
- Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS

PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала (ноутбук, мультимедиа проектор для презентаций, экран);
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.