



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП ДТФИТ

(подпись)

Нефедев К.Е.

(ФИО)

И.о. зам. директора по учебной и

воспитательной работе ИНТПМ



(подпись)

Красицкая С.Г.

(ФИО.)

«21» января 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория гравитации

Направление подготовки

03.03.02 Физика

Уровень бакалавриата «Цифровые технологии в физике»

Форма подготовки очная

курс 3 семестр 5

лекции 34 час.

практические занятия 16 час.

лабораторные работы 0 час.

в том числе с использованием МАО лек. 4 / пр. 4 / лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 50 час.

в том числе с использованием МАО 8 час.

самостоятельная работа 58 час.

в том числе на подготовку к экзамену _____ час.

контрольные работы (количество) 36

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет _____

экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки **03.03.02 Физика**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 07 августа 2020 г. № 891

Рабочая программа обсуждена на заседании
департамента теоретической физики и
интеллектуальных технологий
протокол № _____ от « _____ » _____ 20__ г.

Директор департамента Нефедев К.В.
Составитель: д.ф-м.н. Белоконь В.И.

Владивосток

2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий департаментом _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий департаментом _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий департаментом _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Цели и задачи освоения дисциплины:

Основная цель курса состоит в изучении основных положений теории гравитации и ее приложений к решению задач астрофизики. Знакомство с теорией тяготения является необходимым элементом современного образования студента, специализирующегося в области теоретической и математической физики.

Задачи:

Изучение римановой геометрии пространства-времени, описание физических полей в искривленном пространстве-времени.

Формулировка уравнений гравитационного поля Эйнштейна, проблемы формулировки законов сохранения. Простейшие решения уравнений Эйнштейна, описание движения частиц в поле Шварцшильда, представление о черных дырах и основах современной космологии

Для успешного изучения дисциплины «Теория гравитации» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

УК-6 – Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции: ПК-1.1; ПК-1.2.

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные навыки	ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики, а также стандартные программные средства компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин.	ПК-1.1 Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп.
		ПК-1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике.

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 академических часа.

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1.	Риманова геометрия	5	10	-	5	-	20	12	УО-2, ПР-2
2.	Уравнения Эйнштейна	5	10	-	8	-	24	12	УО-2, ПР-2
3.	Элементы космологии	5	14	-	3	-	14	12	УО-2, ПР-2
	Итого:		34	-	16	-	58	36	

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия (34 час.)

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел I. Физические основы общей теории относительности (16 час.)

Тема 1. Релятивистская инвариантность законов физики (4 час.)

Закон всемирного тяготения и дальное действие. Электродинамика как релятивистская теория. Возможные направления совершенствования теории тяготения. Необходимость формулировки теории в рамках четырехмерного пространства-времени.

Тема 2. Основная идея релятивистской теории гравитации (6 час.)

Равенство инертной и гравитационной масс. Неинерциальные системы. Криволинейные координаты. Динамические и кинематические величины. Кривизна пространства – времени как результат гравитационного взаимодействия.

Тема 3. Основные сведения из римановой геометрии. Тензоры, метрика, связность, кривизна (6 час.)

Расстояния и промежутки времени. Ковариантное дифференцирование, связь символов Кристоффеля с метрическим тензором. Тензор кривизны и его свойства.

Раздел II. Уравнения гравитационного поля (12 час.)

Тема 1. Тензор энергии-импульса и его связь с тензором Риччи (4 час.)

Общие свойства уравнений Эйнштейна. Предельный переход к уравнениям Ньютона.

Тема 2. Центральное-симметрическое гравитационное поле (8 час.)

Решения Шварцшильда и Рейсснера-Нордстрема. Движение в центральное-симметрическом гравитационном поле. Синхронная система отсчета. Гравитационный коллапс. Уравнения поля в синхронной системе отсчета. Решение для пылевидной материи.

Раздел III. Релятивистская космология (6 час.)

Тема 1. Изотропное пространство. (4 час.)

Пространство постоянной кривизны. Открытая и закрытая изотропные модели. Красное смещение и закон Хаббла.

Тема 2. Горячая космологическая модель (2 час.)

Физика ранних этапов расширения однородной вселенной. Современные представления, темная материя и темная энергия.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия (16 часов)

Раздел I. Риманова геометрия (5 час)

Занятие 1. Элементы абсолютного пространства-времени (1 час.)

Псевдоевклидово пространство. Метрический тензор. Векторы и тензоры в криволинейных координатах

Занятие 2. Ковариантное дифференцирование. (3 час)

Символы Кристоффеля. Ковариантное дифференцирование. Тензор кривизны.

Занятие 3. Свойства тензора кривизны (1 час.)

Тензор кривизны и тензор энергии – импульса.

Раздел II. Уравнения Эйнштейна (8 час.)

Занятие 4. Задача Шварцшильда (2 час.)

Сферическая симметрия. Выбор координат. Расчет компонент тензора кривизны.

Занятие 5. Движение материальной точки в поле силы тяжести. (2 час.)

Уравнение геодезической в поле тяжелой звезды. Поворот перигелия и замедление времени

Занятие 6. Решение Райснера - Нордстрема» (2 час.)

Свойства тензора энергии электромагнитного поля с учетом гравитации. Метрика сферически-симметричного пространства электровакуума.

Занятие 7. Метрика Шварцшильда и устранение особенности на гравитационном радиусе. (2 час)

Синхронная система отсчета. Гравитационный коллапс

Раздел III. Элементы космологии. (3 часа)

Занятие 8. Релятивистская космология (3 часа)

Открытая и закрытая метрики Вселенной. Красное смещение. Гравитационная устойчивость.

Задания для самостоятельной работы

Требования: Перед каждым практическим занятием обучающемуся необходимо изучить соответствующий теоретический материал.

Самостоятельная работа №1. Подготовка к практическому занятию «Элементы тензорного анализа»

Самостоятельная работа №2. Подготовка к практическому занятию «Ковариантное дифференцирование»

Самостоятельная работа №3. Подготовка к занятию «Тензор кривизны и его свойства»

Самостоятельная работа №4. Подготовка к занятию «Тензор энергии-импульса и законы сохранения»

Самостоятельная работа №5. Подготовка к занятию «Уравнения Эйнштейна»

Самостоятельная работа №6. Подготовка к занятию «Решение Шварцшильда»

Самостоятельная работа №7. Подготовка к занятию «Гравитационный коллапс»

Самостоятельная работа №8. Подготовка к занятию «Расширяющаяся Вселенная»

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя	Подготовка к занятию 1	7 часов	УО-2
2	3 неделя семестра	Подготовка к занятию 2	7 часов	УО-2
3	5 неделя семестра	Подготовка к занятию 3	7 часов	УО-2
4	7 неделя семестра	Подготовка к занятию 4	7 часов	УО-2
5	9 неделя семестра	Подготовка к занятию 5	7 часов	УО-2
6	11 неделя семестра	Подготовка к занятию 6	8 часов	УО-2

7	13 неделя семестра	Подготовка к занятию 7	8 часов	УО-2
8	15 неделя семестра	Подготовка к занятию 8	7 часов	УО-2

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратит внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

Работа с литературой.

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе большой объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.

Самостоятельная работа №1. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в основных понятиях тензорного анализа.
2. Знать различия ко- и контравариантных составляющих тензора.

Самостоятельная работа №2. От обучающегося требуется:

1. Знать правила ковариантного дифференцирования.
2. Знать связь символов Кристоффеля с метрическим тензором.

Самостоятельная работа №3. От обучающегося требуется:

1. Знать основные свойства тензора кривизны.
2. Уметь проводить расчеты компонент тензора в различных системах координат.

Самостоятельная работа №4. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в основных понятиях теории поля.
2. Знать основные свойства тензора энергии-импульса.

Самостоятельная работа №5. От обучающегося требуется:

1. Знать уравнения Эйнштейна.
2. Уметь рассчитать количество независимых уравнений.

Самостоятельная работа №6. От обучающегося требуется:

1. Уметь получить систему уравнений в случае сферической симметрии.
2. Знать основные эффекты ОТО применительно к движению планет.

Самостоятельная работа №7. От обучающегося требуется:

1. Ориентироваться в особенностях метрики Шварцшильда.
2. Знать правила устранения особенностей метрики и иметь представление о критическом радиусе звезды.

Самостоятельная работа №8. От обучающегося требуется:

1. Ориентироваться в основных представлениях современной теории развития Вселенной.
2. Знать возможные объяснения красного смещения.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Риманова геометрия.	ПК-1.1 Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп.	Знает: основные понятия и законы Римановой геометрии.	УО-2, ПР-2	вопросы к экзамену 1-9
			Умеет: использовать ее основные понятия и законы для анализа макроскопических систем.	УО-2, ПР-2	
			Владеет: методами применения законов Римановой геометрии для анализа макроскопических систем и процессов.	УО-2, ПР-2	
		ПК-1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике.	Знает: математические методы, применяемые в геометрии	УО-2, ПР-2	вопросы к экзамену 1-9
			Умеет: применять математические методы для решения задач физики.	УО-2, ПР-2	
			Владеет: методами использования законов Римановой геометрии для решения задач теоретического и прикладного характера.	УО-2, ПР-2	
2	Раздел II Уравнения Эйнштейна	ПК-1.1 Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных	Знает: основные понятия и законы современной теории гравитации.	УО-2, ПР-2	вопросы к экзамену 10-18
			Умеет: использовать основные понятия и законы теории для анализа макроскопических систем.	УО-2, ПР-2	

		групп.	Владеет: методами применения теории гравитации для анализа макроскопических систем и процессов.	УО-2, ПР-2	
		ПК-1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике.	Знает: законы теории гравитации и математические методы, применяемые в этой теории	УО-2, ПР-2	вопросы к экзамену 10-18
	Умеет: применять законы теории гравитации и математические методы для решения задач физики.		УО-2, ПР-2		
	Владеет: методами использования законов теории тяготения и математических методов для решения задач теоретического и прикладного характера.		УО-2, ПР-2		
3	Раздел III. Элементы космологии.	ПК-1.1 Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп.	Знает: основные понятия и законы современной космологии.	УО-2, ПР-2	вопросы к экзамену 19-29
			Умеет: использовать основные понятия и законы космологии для анализа макроскопических систем.	УО-2, ПР-2	
			Владеет: методами применения этих законов для анализа макроскопических систем и процессов.	УО-2, ПР-2	
		ПК-1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике.	Знает: законы эволюции Вселенной и математические методы, применяемые в космологии.	УО-2, ПР-2	вопросы к экзамену 19-29
			Умеет: применять законы космологии и математические методы для решения задач теории гравитации.	УО-2, ПР-2	
			Владеет: методами использования законов эволюции Вселенной и математических методов для решения задач теоретического и прикладного характера.	УО-2, ПР-2	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе VIII.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Ландау Л.Д. Теоретическая физика: учебное пособие для физических специальностей университетов: [в 10 т.] т. 2. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под ред. Л. П. Питаевского. М.: Физматлит, 2012. – 533 с.
НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:674994&theme=FEFU>

2. Лукаш В.Н. Физическая космология / В.Н. Лукаш, Е.В. Михеева. М.: Физматлит, 2010. – 403 с.
НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:299594&theme=FEFU>

3. Бескин В.С. Гравитация и астрофизика / В.С. Бескин. М.: Физматлит, 2009. – 158 с.
НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:290161&theme=FEFU>

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Баллистическая теория Ритца [Электронный ресурс]: Иванов М.Г. "Антигравитационные двигатели "летающих тарелок": теория гравитации Мизнер Ч. Гравитация : в 3 т. т. 1 / Ч. Мизнер, К. Торн, Дж. Уилер ; пер. с англ. М. М. Баско. М.: Мир, 1977. – 474 с.
НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:329126&theme=FEFU>

2. Зельдович Я.Б. Строение и эволюция Вселенной / Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков. М.: Наука, 1975. – 735 с.
НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:59991&theme=FEFU>

3. Фортов В.Е. Экстремальные состояния вещества / В.Е. Фортов. М.: Физматлит, 2009. – 303 с.

НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:288782&theme=FEFU>

1. Логунов А.А. Релятивистская теория гравитации / А. А. Логунов. М.: Наука, 2006. – 253 с.

НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:245827&theme=FEFU>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Элементы [Электронный ресурс]: «Гравитация" (фрагменты из книги). – Электрон. дан. – 2007. – Режим доступа: <http://ritz-btr.narod.ru/ivanov.html>, свободный. – Загл. с экрана.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины. Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в са-

мом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, практические занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Практические занятия акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений и навыков решения задач по термодинамике и статистической физике.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Работа с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

Подготовка к экзамену. К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (практические, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Лицензионное и свободное программное обеспечение – MS PowerPoint 2007, MiKTeX и Acrobat Reader XI.
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в с 4 лотками Xerox Work-Centre 5330 (WC5330C – 1 шт.)	Лицензионное и свободное программное обеспечение – MS PowerPoint 2007, MiKTeX и Acrobat Reader XI.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Для дисциплины «Теория гравитации» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Коллоквиум (УО-2)

Письменные работы:

1. Контрольная работа (ПР-2)

Коллоквиум

Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.

Контрольная работа

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Вопросы к экзамену

1. Релятивистская инвариантность и необходимость новой теории тяготения.
2. Криволинейные координаты в четырехмерном пространстве-времени. Расстояния и промежутки времени.
3. Ковариантное дифференцирование. Символы Кристоффеля и уравнение геодезической.
4. Тензор кривизны и его свойства. Примеры.
5. Уравнения Эйнштейна. Тензор энергии-импульса материи и псевдотензор энергии-импульса гравитационного поля.
6. Уравнения электродинамики при наличии гравитационного поля. Соотношения Райнича.
7. Центральное-симметричное гравитационное поле. Решение Шварцшильда.
8. Движение частицы в поле сферической звезды. Три эффекта ОТО.
9. Гравитационный коллапс пылевидной сферы.
10. Слабые гравитационные волны. Излучение.
11. Изотропное пространство. Закрытая модель.
12. Открытая изотропная модель. Критическая плотность.
13. Особенности метрики в районе черной дыры.
14. Ранняя стадия развития Вселенной. Термодинамические соотношения.
15. Элементарные частицы на ранней стадии развития Вселенной.
16. Реликтовое излучение.
17. Понятие о темной материи и темной энергии.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине
«Теория гравитации»**

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100-85	<i>«отлично»</i>	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
75-84	<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-74	<i>«удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно

		правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
60 и менее	<i>«неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, практических работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.