

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

_____» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Общая теория относительности Б1.В.ДВ.03.03

Направление подготовки: 02.04.01 - Математика и компьютерные науки

Профиль подготовки: Методы математического и алгоритмического моделирования общенаучных и прикладных задач

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Автор(ы): Попов А.А.

Рецензент(ы): Сосов Е.Н.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Попов А. А.

Протокол заседания кафедры No _____ от "_____" _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No _____ от "_____" _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (доцент) Попов А.А. (Кафедра геометрии, отделение математики), arorov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|------------------|---|
| ПК-1 | Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий. |
| ПК-2 | Способность проводить научные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности |

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен демонстрировать способность и готовность:

1. знать основные постулаты, лежащие в основе общей теории относительности и других теорий, имеющих целью описание поля тяготения; вывод уравнений гравитационного поля в ОТО, основные эффекты общей теории относительности;
2. понимать особенности процессов, происходящие в сильных гравитационных полях;
3. иметь представление о проблеме энергии-импульса гравитационного поля, о проблеме гравитационных волн в общей теории относительности;
4. владеть современными теоретическими методами исследования полей тяготения, применяемыми в общей теории относительности.
5. демонстрировать способность и готовность применять полученные знания для решения задач, возникающих при описании процессов, происходящих в сильных гравитационных полях.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 02.04.01 "Математика и компьютерные науки (Методы математического и алгоритмического моделирования общенаучных и прикладных задач)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 34 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 34 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 110 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

| N | Разделы дисциплины / модуля | Семестр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Самостоятельная работа |
|----|-----------------------------------|---------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1. | Тема 1. Гравитация как геометрия. | 3 | 0 | 4 | 0 | 20 |

| N | Разделы дисциплины / модуля | Семестр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Самостоятельная работа |
|----|---|---------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 2. | Тема 2. Основные сведения из римановой геометрии. | 3 | 0 | 8 | 0 | 22 |
| 3. | Тема 3. Уравнения Эйнштейна. | 3 | 0 | 6 | 0 | 20 |
| 4. | Тема 4. Приближение слабого поля. | 3 | 0 | 8 | 0 | 22 |
| 5. | Тема 5. Космологические модели. | 3 | 0 | 8 | 0 | 26 |
| | Итого | | 0 | 34 | 0 | 110 |

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Гравитация как геометрия.

Основы специальной теории относительности. Геометрия Минковского. Световой конус. Временноподобные, светоподобные и пространственноподобные векторы. Преобразования координат. Группа Лоренца. Инвариантность интервала при преобразованиях Лоренца. Замедление времени и длины. 4-скорость. Энергия покоя.

Тема 2. Основные сведения из римановой геометрии.

Основные сведения из римановой геометрии. Тензоры, метрика. Ковариантные производные. Ковариантная постоянность метрического тензора. Тензор кривизны, Риччи, скалярная кривизна. Основы общей теории относительности. Гравитация как геометрия. Движение точечной частицы в искривленном пространстве-времени.

Тема 3. Уравнения Эйнштейна.

Варьирование лагранжиана Эйнштейна-Гильберта. Уравнения Эйнштейна. Уравнение скалярного поля во внешнем гравитационном поле. Тензор энергии-импульса скалярного поля в искривленном пространстве-времени. Тензор энергии-импульса идеальной жидкости. Решение Шварцшильда. Горизонт черной дыры. Геодезические в пространстве-времени Шварцшильда

Тема 4. Приближение слабого поля.

Постньютоновское приближение. Смещение перигелия Меркурия. Отклонение луча света в гравитационном поле Солнца. Другие наблюдаемые эффекты в солнечной системе. Приближение слабого поля. Гравитационные волны. Плоские волны. Генерация гравитационных волн. Двойные системы. Детектирование гравитационных волн.

Тема 5. Космологические модели.

Космологические модели. Космологическая постоянная и решение Эйнштейна. Решения Фридмана. Открытая, закрытая и пространственно-плоская вселенная. Стандартная эволюция. Доминирование излучения. Доминирование вещества. Красное смещение. Закон Хаббла. Реликтовое излучение. Проблемы стандартной модели

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

А.Б. Балакин Классические тесты теории гравитации - http://old.kpfu.ru/f6/bin_files/balakineooto!35.pdf

Архив электронных публикаций научных статей - <http://arxiv.org/>

И.Б. Хрипович Общая теория относительности - <https://reslib.org/reader/web/viewer.html?file=%2F%2Fcdn.reslib.org%2Fpdf%2FaHR0cDovL2xpYi5tZXhtYXQuUvZ2V0LnBo>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

| Этап | Форма контроля | Оцениваемые компетенции | Темы (разделы) дисциплины |
|-----------|------------------------|-------------------------|---|
| Семестр 3 | | | |
| | Текущий контроль | | |
| 1 | Компьютерная программа | ПК-1 , ПК-2 | 1. Гравитация как геометрия. 2. Основные сведения из римановой геометрии. 3. Уравнения Эйнштейна. |
| 2 | Компьютерная программа | ПК-1 , ПК-2 | 4. Приближение слабого поля. 5. Космологические модели. |
| 3 | Устный опрос | ПК-1 , ПК-2 | 3. Уравнения Эйнштейна. 4. Приближение слабого поля. |
| | Экзамен | ПК-1, ПК-2 | |

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

| Форма контроля | Критерии оценивания | | | | Этап |
|------------------------|---|--|---|--|------|
| | Отлично | Хорошо | Удовл. | Неуд. | |
| Семестр 3 | | | | | |
| Текущий контроль | | | | | |
| Компьютерная программа | Высокий уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача полностью решена. | Хороший уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача в основном решена. | Удовлетворительный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача решена частично. | Недостаточный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача не решена. | 1 |
| | | | | | 2 |

| Форма контроля | Критерии оценивания | | | | Этап |
|----------------|---|---|---|---|------|
| | Отлично | Хорошо | Удовл. | Неуд. | |
| Устный опрос | В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продemonстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продemonстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения. | 3 |
| Экзамен | Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала. | Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. | Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. | Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. | |

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 3

Текущий контроль

1. Компьютерная программа

Темы 1, 2, 3

Основы специальной и общей теории относительности.

Движение точечной частицы в искривленном пространстве-времени.

Тензоры, метрика, связность, кривизна.

Уравнения Эйнштейна.

Решение Шварцшильда.

Постньютоновское приближение.

Наблюдаемые эффекты в солнечной системе.

Решения Керра и Рейсснера-Нордстрема.

2. Компьютерная программа

Темы 4, 5

Приближение слабого поля.
 Гравитационные волны.
 Плоские волны.
 Тензор энергии-импульса гравитационного поля, энергия и импульс плоских волн.
 Генерация гравитационных волн. Двойные системы.
 Детектирование гравитационных волн.
 Космологические модели. Решения Фридмана.
 Красное смещение.
 Закон Хаббла.
 Реликтовое излучение.
 Стандартная эволюция вселенной.

3. Устный опрос

Темы 3, 4
 Основные сведения из римановой геометрии. Тензоры, метрика. Ковариантные производные. Ковариантная постоянность метрического тензора. Тензор кривизны, Риччи, скалярная кривизна. Основы общей теории относительности. Гравитация как геометрия. Движение точечной частицы в искривленном пространстве-времени.

Экзамен

Вопросы к экзамену:
 Основы специальной и общей теории относительности.
 Движение точечной частицы в искривленном пространстве-времени.
 Тензоры, метрика, связность, кривизна.
 Уравнения Эйнштейна.
 Решение Шварцшильда.
 Постньютоновское приближение.
 Наблюдаемые эффекты в солнечной системе.
 Решения Керра и Рейсснера-Нордстрема.
 Приближение слабого поля.
 Гравитационные волны.
 Плоские волны.
 Тензор энергии-импульса гравитационного поля, энергия и импульс плоских волн.
 Генерация гравитационных волн. Двойные системы.
 Детектирование гравитационных волн.
 Космологические модели. Решения Фридмана.
 Красное смещение.
 Закон Хаббла.
 Реликтовое излучение.
 Стандартная эволюция вселенной.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:
 56 баллов и более - "зачтено".
 55 баллов и менее - "не зачтено".
 Для экзамена:
 86 баллов и более - "отлично".
 71-85 баллов - "хорошо".
 56-70 баллов - "удовлетворительно".
 55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

| Форма контроля | Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций | Этап | Количество баллов |
|-------------------------|---|------|-------------------|
| Семестр 3 | | | |
| Текущий контроль | | | |
| Компьютерная программа | Обучающиеся самостоятельно составляют программу на определённом языке программирования в соответствии с заданием. Программа сдаётся преподавателю в электронном виде. Оценивается реализация алгоритмов на языке программирования, достижение заданного результата. | 1 | 20 |
| | | 2 | 25 |

| Форма контроля | Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций | Этап | Количество баллов |
|----------------|--|------|-------------------|
| Устный опрос | Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы. | 3 | 5 |
| Экзамен | Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий. | | 50 |

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

- Игнатьев, Ю. Г. Математические основы физики: с примерами решения задач в СКМ Maple: [учебник] / Ю. Г. 1. Игнатьев, Юрий Геннадиевич. Математические основы физики : с примерами решения задач в СКМ Maple: [учебник] / Ю. Г. Игнатьев, А. А. Агафонов ; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского.- Казань: [Казанский университет], 2016 .- 239 с.
- Фортов В.Е., Физика высоких плотностей энергии [Электронный ресурс] / Фортов В.Е. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 712 с. - ISBN 978-5-9221-1468-4 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114684.html>

7.2. Дополнительная литература:

- Лукаш, В. Н. Физическая космология [Электронный ресурс] / В. Н. Лукаш, Е. В. Михеева. - Электрон. дан. - Москва: Физматлит, 2012. - 404 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5279>
- Сурдин, В. Г. Пятая сила [Электронный ресурс]: учеб. пособие - Электрон. дан. - Москва: МЦНМО, 2009. - 40 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/9422>
- Математические основы современной теории гравитации [Электронный ресурс]: монография / О. В. Бабурова, Б. Н. Фролов. - М.: Прометей, 2012. - 128 с. - Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785704223627.html>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

А.Б. Балакин Классические тесты теории гравитации - http://old.kpfu.ru/f6/bin_files/balakineootol35.pdf

Архив электронных публикаций научных статей - <http://arxiv.org/>

И.Б. Хрипович Общая теория относительности -

<https://reslib.org/reader/web/viewer.html?file=%2F%2Fcdn.reslib.org%2Fpdf%2FaHR0cDovL2xpYi5tZXhtYXQucnUvZ2V0LnBo>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

| Вид работ | Методические рекомендации |
|------------------------|---|
| практические занятия | В ходе подготовки к семинарам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. |
| самостоятельная работа | Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ. |

| Вид работ | Методические рекомендации |
|------------------------|---|
| компьютерная программа | При работе с программой Maxima необходимо открыть в отдельном окне справку программы. С помощью строки поиска находить все необходимые операторы, формулы и копировать их в рабочее окно. В самом справочном окне можно запускать тестовые примеры. Это значительно упрощает и ускоряет выполнение всех заданий. Если не удастся решить предложенные задачи, то необходимо предварительно хорошо освоить предыдущий материал; попробовать решить аналогичные задачи с меньшим числом параметров, точек или упрощенными условиями; создать более простую модель и решить задачу в этой модели. |
| устный опрос | Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы. |
| экзамен | Экзамен проводится в письменной форме. Экзаменационный билет содержит два вопроса из программы курса и одну задачу. Полный ответ на каждый вопрос оценивается в 20 баллов, правильное решение задачи оценивается в 10 баллов. Неполный ответ, частичное решение задачи и решение задачи, содержащее ошибки, оцениваются меньшим числом баллов. Экзамен считается сданным, если при ответе на экзаменационный билет набрано не менее 28 баллов. При простановке оценки число баллов, набранных на экзамене, суммируется с числом баллов, набранных на практических занятиях. Экзаменационный билет содержит вопросы и задачи из всех разделов программы. |

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Общая теория относительности" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Общая теория относительности" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 02.04.01 "Математика и компьютерные науки" и магистерской программе Методы математического и алгоритмического моделирования общенаучных и прикладных задач .