

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. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Математическое моделирование в теории поля и гравитации Б1.В.ДВ.9

Направление подготовки: 02.03.01 - Математика и компьютерные науки

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Агафонов А.А.

**Рецензент(ы):**

Игнатъев Ю.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Агафонов А. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

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

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2019

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Агафонов А.А. кафедра высшей математики и математического моделирования отделение педагогического образования , AIAAgafonov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины является, во-первых, знакомство студентов с основными математическими моделями в теории поля и гравитации. Во-вторых, исследование некоторых простейших моделей теории поля и гравитации методами численного интегрирования и компьютерного моделирования в системе компьютерной математики.

Таким образом, с одной стороны, мы стремимся передать студентам современные знания о гравитации, а с другой - научить их строить простейшие компьютерные модели изучаемых фундаментальных объектов. Курс интегрирует знания, полученные в ряде математических курсов, в частности, математического анализа, теории функций комплексного переменного, теории дифференциальных уравнений, а с другой стороны - знания, полученные в курсах блока информатики, механики и физики.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел 'Б1.В.ДВ.9. Дисциплины (модули)' основной профессиональной образовательной программы 02.03.01 'Математика и компьютерные науки (не предусмотрено)' и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|---|---|
| ОПК-4<br>(профессиональные компетенции) | способностью находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем |
| ПК-10<br>(профессиональные компетенции) | способностью к планированию и осуществлению педагогической деятельности с учетом специфики предметной области в образовательных организациях                                    |
| ПК-2<br>(профессиональные компетенции)  | Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий  |
| ПК-5<br>(профессиональные компетенции)  | способностью использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач  |

В результате освоения дисциплины студент:

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- применять математические методы к решению задач механики, как классической, так и релятивистской;
- применять групповые и тензорные методы исследования задач, ковариантно обобщать уравнения движения и записывать их в криволинейных координатах, находить линейные интегралы движения, в частности, определять линейные интегралы движения в поле центральных сил;
- производить алгебраические и дифференциальные операции над тензорами;

- численно решать и исследовать в пакете Maple уравнения геодезических в двумерных и трехмерных римановых пространствах, строить решение для геодезических в поле Черной дыры изображать их графически, производить
- алгебраические и дифференциальные операции над тензорами в пакете Maple, в частности, строить уравнения геодезических, вычислять тензоры кривизны и Риччи.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

| N  | Раздел Дисциплины/ Модуля  | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) |                      |                     | Текущие формы контроля |
|----|--|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
|    |  |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы |                        |
| 1. | Тема 1. Принцип наименьшего действия в теории поля. Полевые уравнения. | 8       | 6               | 8  | 10                   | 0                   | Лабораторные работы    |
| 2. | Тема 2. Уравнения общей теории относительности                         | 8       |                 | 6  | 10                   | 0                   | Лабораторные работы    |
| 3. | Тема 3. Космологические модели ОТО                                     | 8       |                 | 8  | 10                   | 0                   | Лабораторные работы    |
| 4. | Тема 4. Решения ОТО в центрально-симметрическом пространстве-времени   | 8       |                 | 6  | 12                   | 0                   | Лабораторные работы    |
|    | Тема . Итоговая форма контроля   | 8       |                 | 0  | 0                    | 0                   | Экзамен                |
|    | Итого  |         |                 | 28   | 42                   | 0                   |                        |

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Принцип наименьшего действия в теории поля. Полевые уравнения.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Вывод уравнений Эйнштейна из принципа наименьшего действия, для случая присутствия полей материи. Некоторые понятия геометрии четырехмерного многообразия.

**практическое занятие (10 часа(ов)):**

Ковариантные дифференциальные операторы 1-го и 2-го порядков. Дискриминантный тензор и его связь с площадью и объемом. Вывод уравнений геодезических.

## **Тема 2. Уравнения общей теории относительности**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Некоторые известные решения уравнений Эйнштейна. Решения связанные с симметрией пространства-времени.

**практическое занятие (10 часа(ов)):**

Тензоры кривизны, Риччи, скалярная кривизна. Тожества Бьянки и уравнения Эйнштейна. Движение пробных тел в релятивистских полях тяготения. Релятивистские канонические уравнения движения. Уравнения движения частицы в скалярном поле.

## **Тема 3. Космологические модели ОТО**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Космологические модели в пространствах типа Фридмана-Робертсона-Уокера. "Краткий курс" истории космологии XX века. Закон Хаббла. Закон эволюции. Критическая плотность.

**практическое занятие (10 часа(ов)):**

Модифицированные космологические модели со скалярным полем. Тензорные вычисления в космологических моделях с использованием пакета Maple.

## **Тема 4. Решения ОТО в центрально-симметрическом пространстве-времени**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Центрально-симметричное гравитационное поле. Решение Шварцшильда. Движение в центрально-симметричном гравитационном поле. Гравитационный коллапс сферического тела.

**практическое занятие (12 часа(ов)):**

Гравитационный коллапс не сферических вращающихся тел. Гравитационное поле вдали от тел. Приближенные уравнения системы тел. Численное решение уравнения геодезической в центрально-симметрическом поле гравитации.

### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

| <b>N</b> | <b>Раздел Дисциплины</b>   | <b>Семестр</b> | <b>Неделя семестра</b> | <b>Виды самостоятельной работы студентов</b> | <b>Трудоемкость (в часах)</b> | <b>Формы контроля самостоятельной работы</b> |
|----------|--|----------------|------------------------|--|-------------------------------|--|
| 1.       | Тема 1. Принцип наименьшего действия в теории поля. Полевые уравнения. | 8              | 6                      |  | 8                             | Лабораторные работы                          |
| 2.       | Тема 2. Уравнения общей теории относительности                         | 8              |                        |  | 10                            | Лабораторные работы                          |
| 3.       | Тема 3. Космологические модели ОТО                                     | 8              |                        |  | 10                            | Лабораторные работы                          |
| 4.       | Тема 4. Решения ОТО в центрально-симметрическом пространстве-времени   | 8              |                        |  | 10                            | Лабораторные работы                          |
|          | <b>Итого</b>   |                |                        |  | <b>38</b>                     |  |

### **5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Используются активные и интерактивные формы проведения занятий, основанные на интегрировании методов информационных технологий и математического моделирования в системах компьютерной математики.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Принцип наименьшего действия в теории поля. Полевые уравнения.

Лабораторные работы , примерные вопросы:

1. Определение тензора. Задание тензора в пакете Maple. Привести пример задания тензора валентности  $(-1, -1, +1, +1)$ . 2. Валентность и ранг тензора. Извлечение информации о тензоре в пакете Maple. Привести пример для тензора валентности  $(-1, +1)$ . 3. Вычисление символов Кристоффеля 1-го и 2-го рода в пакете Maple. Вычислить символы Кристоффеля 1-го и 2-го рода для метрики  $ds^2 = (1 - 2r_0/r) dt^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) - \frac{dr^2}{1 - 2r_0/r}$ . 4. Вычислить в пакете Maple ковариантные производные от контрвариантного вектора  $V = (r^2, r^2 \cos^2\varphi)$  относительно метрики  $ds^2 = dr^2 + r^2 \cos^2\varphi$ . 5. Построить компьютерную модель движения частицы в поле Черной Дыры. 6. Даны ковариантный тензор  $T_{ik} = \begin{pmatrix} r & r^2 & r^3 \\ 0 & \cos^2\varphi & \sin^2\varphi \\ 1 & r & 0 \end{pmatrix}$  и контрвариантный вектор  $U^i = (r, 1, 2)$ . В пакете Maple вычислить свертки  $T_{ik} U^i$ ,  $T_{ik} U^k$ ,  $T_{ik} U^i U^k$ .

### Тема 2. Уравнения общей теории относительности

Лабораторные работы , примерные вопросы:

1. Тензоры кривизны, Риччи, скалярная кривизна. 2. Тожества Бьянки и уравнения Эйнштейна. 3. Движение пробных тел в релятивистских полях тяготения. 4. Связь релятивистского импульса и скорости. Формула Эйнштейна. Дефект массы. 5. Вычисление символов Кристоффеля 1-го и 2-го рода в пакете Maple. Вычислить символы Кристоффеля 1-го и 2-го рода для метрики  $ds^2 = (1 - 2r_0/r) dt^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) - \frac{dr^2}{1 - 2r_0/r}$ . 6. Вычислить в пакете Maple ковариантные производные от контрвариантного вектора  $V = (r^2, r^2 \cos^2\varphi)$  относительно метрики  $ds^2 = dr^2 + r^2 \cos^2\varphi$ . 7. Построить компьютерную модель движения частицы в поле Черной Дыры. 8. Даны ковариантный тензор  $T_{ik} = \begin{pmatrix} r & r^2 & r^3 \\ 0 & \cos^2\varphi & \sin^2\varphi \\ 1 & r & 0 \end{pmatrix}$  и контрвариантный вектор  $U^i = (r, 1, 2)$ . В пакете Maple вычислить свертки  $T_{ik} U^i$ ,  $T_{ik} U^k$ ,  $T_{ik} U^i U^k$ .

### Тема 3. Космологические модели ОТО

Лабораторные работы , примерные вопросы:

1. Четырехмерный векторный потенциал и тензор Максвелла. 2. Функция Лагранжа для электромагнитного поля. Вывод ковариантных уравнений Максвелла. 3. Частные решения уравнений Максвелла. Электромагнитное поле точечного заряда. 4. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле. Вывод из принципа наименьшего действия. 5. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. 6. Сферически симметричные поля тяготения в релятивистской теории гравитации. Вычисление в пакете Maple. 7. Метрика Фридмана. Вычисления в пакете Maple. 8. Вычисление символов Кристоффеля 1-го и 2-го рода в пакете Maple. Вычислить символы Кристоффеля 1-го и 2-го рода для метрики  $ds^2 = (1 - 2r_0/r) dt^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) - \frac{dr^2}{1 - 2r_0/r}$ . 9. Вычислить в пакете Maple ковариантные производные от контрвариантного вектора  $V = (r^2, r^2 \cos^2\varphi)$  относительно метрики  $ds^2 = dr^2 + r^2 \cos^2\varphi$ . 10. Построить компьютерную модель движения частицы в поле Черной Дыры. 11. Даны ковариантный тензор  $T_{ik} = \begin{pmatrix} r & r^2 & r^3 \\ 0 & \cos^2\varphi & \sin^2\varphi \\ 1 & r & 0 \end{pmatrix}$  и контрвариантный вектор  $U^i = (r, 1, 2)$ . В пакете Maple вычислить свертки  $T_{ik} U^i$ ,  $T_{ik} U^k$ ,  $T_{ik} U^i U^k$ .

### Тема 4. Решения ОТО в центрально-симметрическом пространстве-времени

Лабораторные работы , примерные вопросы:

1. Принцип ковариантности. Ковариантное обобщение уравнений механики. 2. Определение тензора. Алгебраические операции над тензорами. 3. Ковариантные производные от тензора. 4. Ковариантные дифференциальные операторы 1-го и 2-го порядков. Привести пример. 5. Дискриминантный тензор и его связь с площадью и объемом. 6. Тензор Максвелла и дуальный тензор. 7. Тензоры кривизны, Риччи, скалярная кривизна. 8. Тожества Бьянки и уравнения Эйнштейна. 9. Движение пробных тел в релятивистских полях тяготения. 10. Связь релятивистского импульса и скорости. Формула Эйнштейна. Дефект массы. 11. Модель Фридмана. Пространства постоянной кривизны. Вычисление Геометрических объектов для метрики Фридмана.

### Итоговая форма контроля

экзамен (в 8 семестре)

Примерные вопросы к экзамену:

1. Принцип ковариантности. Ковариантное обобщение уравнений механики.
2. Определение тензора. Алгебраические операции над тензорами.
3. Ковариантные производные от тензора.
4. Ковариантные дифференциальные операторы 1-го и 2-го порядков. Привести пример.
5. Дискриминантный тензор и его связь с площадью и объемом.
6. Тензор Максвелла и дуальный тензор.
7. Тензоры кривизны, Риччи, скалярная кривизна.
8. Тожества Бьянки и уравнения Эйнштейна.
9. Движение пробных тел в релятивистских полях тяготения.
10. Связь релятивистского импульса и скорости. Формула Эйнштейна. Дефект массы.
11. Модель Фридмана. Пространства постоянной кривизны. Вычисление Геометрических объектов для метрики Фридмана.
12. Вычисление символов Кристоффеля 1-го и 2-го рода в пакете Maple.

Вычислить символы Кристоффеля 1-го и 2-го рода для метрики

$$ds^2 = (1 - 2r_0/r) dt^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) - \frac{dr^2}{1 - 2r_0/r}.$$

13. Вычислить в пакете Maple ковариантные производные от контрвариантного вектора

$$V = (r^2, r^2 \cos^2\varphi)$$
 относительно метрики  $ds^2 = dr^2 + r^2 \cos^2\varphi$ .

14. Построить компьютерную модель движения частицы в поле Черной Дыры.

15. Даны ковариантный тензор  $T_{ik} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & r^2 & r^3 \\ 0 & \cos^2\varphi & \sin^2\varphi \\ 1 & r & 0 \end{pmatrix}$

$$r^2 \quad r^3$$

$$0 \quad \cos^2\varphi \quad \sin^2\varphi$$

$$1 \quad r \quad 0$$

$\end{array}$

$\right)$

и контрвариантный вектор  $U^i = (r, 1, 2)$ . В пакете Maple вычислить свертки  $T_{ik} U^i$ ,

$$T_{ik} U^k, T_{ik} U^i U^k.$$

16. Четырехмерный векторный потенциал и тензор Максвелла.

17. Функция Лагранжа для электромагнитного поля. Вывод ковариантных уравнений Максвелла.

18. Частные решения уравнений Максвелла. Электромагнитное поле точечного заряда.

19. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле. Вывод из принципа наименьшего действия.

20. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.

### 7.1. Основная литература:

1. Игнатъев, Юрий Геннадиевич. Неравновесная Вселенная [Текст: электронный ресурс] : кинетические модели космологической эволюции / Ю. Г. Игнатъев ; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н.И. Лобачевского .- Электронные данные (1 файл: 2,72 Мб) .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) .- Загл. с экрана .- Для 8-го, 9-го и 10-го семестров .- Режим доступа: открытый.  
URL:[http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05-IMM/05\\_120\\_A5-000444.pdf](http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05-IMM/05_120_A5-000444.pdf).
2. Гусейханов, М.К. Основы астрофизики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.К. Гусейханов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 208 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/93593/#1>
3. Савельев, И.В. Основы теоретической физики (в 2 тт.). Том 1. Механика. Электродинамика [Электронный ресурс] : учебник / И.В. Савельев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 496 с. - Режим доступа <https://e.lanbook.com/reader/book/104956/#1>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Б. Васильева [и др.]. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2005. - 432 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/59405/#1>
2. Игнатъев, Юрий Геннадьевич. Математическое и компьютерное моделирование фундаментальных объектов и явлений в системе компьютерной математики Maple : [лекции для школы по математическому моделированию] / Ю.Г. Игнатъев ; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского .- Казань : Казанский университет, 2014 .- 297 с.
3. Анчиков, Анатолий Михайлович. Основы векторного и тензорного анализа : учебно-методическое пособие / А.М. Анчиков ; [науч. ред. В. Р. Кайгородов] .- Казань : Изд-во Казанского университета, 1988 .- 132 с.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- Векторное, матричное и тензорное исчисление: Справочник для технических университетов: Учебное пособие / Г.А. Шаров. - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 368 с. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=486430>
- Голоскоков, Дмитрий Петрович. Практический курс математической физики в системе Maple - [https://eknigi.org/nauka\\_i\\_ucheba/54606-uravneniya-matematicheskoy-fiziki-reshenie-zadach.html](https://eknigi.org/nauka_i_ucheba/54606-uravneniya-matematicheskoy-fiziki-reshenie-zadach.html)
- Игнатъев Ю.Г. Математическое и компьютерное моделирование фундаментальных объектов и явлений в системе компьютерной математики Maple. Лекции для школы по математическому - [http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/mmm\\_eor-s.pdf](http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/mmm_eor-s.pdf)
- Игнатъев Ю.Г. Релятивистская кинетическая теория неравновесных процессов в гравитационных полях - <http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/lgnAnnotation.htm>
- Ю.Г. Игнатъев, А.А. Агафонов, Математические модели теоретической физики с примерами решения задач в СКМ Maple - [http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/MMTF\\_kfu.pdf](http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/MMTF_kfu.pdf)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Математическое моделирование в теории поля и гравитации" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:



Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

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.

Аудитория с мультимедиапроектором, ноутбуком и экраном.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 02.03.01 "Математика и компьютерные науки" и профилю подготовки Математическое и компьютерное моделирование .

Автор(ы):

Агафонов А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Игнатьев Ю.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.