

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
Математические основы физики Б1.В.ОД.3

Направление подготовки: 44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профиль подготовки: Математика, информатика и информационные технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Игнатъев Ю.Г.

Рецензент(ы):

Сушков С.В.

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 817212919

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) ведущий научный сотрудник, д.н. (профессор) Игнатьев Ю.Г. НИЛ Космология Институт физики, Ignatev-Yurii@mail.ru

1. Цели освоения дисциплины

Курс "Математические основы физики" читается в 6 и 7 семестрах, когда уже завершены основные математические курсы. Цель дисциплины познакомить студентов с основными математическими принципами современной физики и научить применять математические методы, а также методы математического и компьютерного моделирования для решения основных физических задач.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.3 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 3, 4 курсах, 6, 7 семестры.

Курс тесно интегрирован с математическими дисциплинами: "Математический анализ", "Аналитическая геометрия", "Дифференциальная геометрия", "Дифференциальные уравнения", "Информационные технологии в математике".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способен применять современные методы диагностирования достижений обучающихся и воспитанников, осуществлять педагогическое сопровождение процессов социализации и профессионального самоопределения обучающихся, подготовки их к сознательному выбору профессии
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способен использовать возможности образовательной среды, в том числе информационной, для обеспечения качества учебно-воспитательного процесса
СПК-12 (профессиональные компетенции)	владеет математикой как универсальным языком науки, средством моделирования явлений и процессов, способен пользоваться построением математических моделей для решения практических проблем, понимать критерии качества математических исследований, принципы экспериментальной и эмпирической проверки научных теорий, умением исследовать класс моделей, к которому принадлежит полученная модель конкретной ситуации, применяя математическую теорию
СПК-3 (профессиональные компетенции)	владеет методами обучения математическому и алгоритмическому моделированию учебных задач научно-технического, экономического характера
СПК-8 (профессиональные компетенции)	владеет основными положениями классических разделов математической науки, базовыми идеями и методами математики, системой основных математических структур и аксиоматическим методом

В результате освоения дисциплины студент:

4. должен демонстрировать способность и готовность:

1. Способность и готовность решать основные задачи теоретической механики и теории поля:

Понимать принцип наименьшего действия и принцип получения на основе его уравнений движения.

Составлять уравнений Эйлера-Лагранжа для заданной функции действия; формулировать задачу Коши для

уравнений Эйлера-Лагранжа.

2. Решать и исследовать задачи линейной теории колебаний аналитически и в пакете программ Maple;

численно решать и исследовать в пакете Maple задачи теории нелинейных колебаний; строить конфигурационные и фазовые траектории

колебаний. Решать и исследовать задачи механического движения в классическом поле тяжести, в том числе, в пакете Maple, уметь

строить анимированные модели движения.

3. Способность применять математические методы к решению задач механики, как классической, так и релятивистской:

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, строить дуальные тензоры по данному антисимметричному.

4. 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. Понимать связь уравнений геодезических

с теорией геометрической оптики.

5. Вычислять тензор Максвелла и дуальный к нему по заданному векторному потенциалу, вычислять тензор энергии-импульса электромагнитного поля

по заданному тензору Максвелла, вычислять ковариантную дивергенцию от тензора энергии-импульса, вычислять тензор энергии-импульса

идеальной жидкости и получать законы сохранения, вычислять инварианты электромагнитного поля, производить вычисления с обобщенными

функциями, в частности, с функцией Дирака, в том числе, в пакете Maple, записывать уравнения Максвелла в криволинейных координатах,

получать закон сохранения заряда из ковариантных уравнений Максвелла, решать уравнения Максвелла в вакууме, в частности, в сферической

системе координат для точечного заряда с помощью свойств функции Дирака.

6. Составлять нерелятивистские и релятивистские уравнения движения заряда в электромагнитных полях, в частности, в постоянных скрещенных электрическом и магнитном полях,

численно решать уравнения движения заряда в скрещенных электромагнитных полях в пакете Maple, строить конфигурационные и фазовые траектории движения,

строить анимационные трехмерные модели движения.

7. Проводить вычисления с тензорами Римана, Риччи и Эйнштейна, понимать основные положения теории гравитации и космологии, понимать геометрию

изотропного пространства, знать основные решения уравнений Эйнштейна: решения Шварцшильда и Фридмана.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 семестре; экзамен в 7 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.	6	1-4	4	0	8	Творческое задание
2.	Тема 2. Теория колебаний.	6	5-9	6	0	10	Творческое задание
3.	Тема 3. Релятивистская физика и теория тензорных вычислений.	6	10-13	4	0	10	Творческое задание
4.	Тема 4. Ковариантные производные от тензора.	6	14-18	4	0	8	Творческое задание
5.	Тема 5. Электродинамика.	7	1-5	6	0	6	
6.	Тема 6. Вывод ковариантных уравнений Максвелла. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.	7	6-10	6	0	6	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. Тензоры кривизны, Риччи, скалярная кривизна. Элементы теории гравитации.	7	11-17	6	0	6	
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Зачет
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	0	54	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Принцип наименьшего действия.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Понятие о динамической системе, ее размерности, конфигурационном и фазовом пространстве. Примеры динамических систем. Понятие о вариации функции и элементы вариационного исчисления. Вывод уравнения Эйлера-Лагранжа из принципа наименьшего действия. Закон сохранения энергии. Гамильтонова формулировка уравнений движения. Линейные интегралы движения, законы сохранения и их связь с симметрией системы. Второй и третий законы Ньютона.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

1. В пакете Maple построить анимированную компьютерную модель движения тела в однородном поле тяжести при наличии линейной силы трения: $m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}+k\frac{\vec{r}}{dt}=m\vec{g}$, $\vec{g}=(0,0,-10)$; $k=0.02$; $m=0.1$. На основе полученной модели исследовать конфигурационные и фазовые траектории. 2. В пакете Maple построить анимированную компьютерную модель движения тела в однородном поле тяжести при наличии линейной силы трения: $m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}+k\frac{\vec{r}}{dt}=m\vec{g}$, $\vec{g}=(0,0,-10)$; $k=0.01$; $m=1$. На основе полученной модели исследовать конфигурационные и фазовые траектории.

Тема 2. Теория колебаний.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Равновесная динамическая система и метод малых возмущений. Уравнения линейных колебаний. Диссипативные процессы. Общее решение уравнения одномерных линейных колебаний, биения и резонансы, конфигурационные и фазовые траектории линейных колебаний, компьютерное моделирование линейных колебаний.

лабораторная работа (10 часа(ов)):

1. Построить компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 1 кг с линейным коэффициентом трения $k=0.02\text{ Н/м}$; $\omega_0=2\text{ рад/с}$ и вынуждающей силой $F=\sin 2t$. Построить фазовую траекторию колебаний. 2. Построить компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.5 кг с линейным коэффициентом трения $k=0.01\text{ Н/м}$; $\omega_0=1\text{ рад/с}$ и вынуждающей силой $F=\sin 3t$. Построить фазовую траекторию колебаний. 3. Построить анимированную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 1 кг с линейным коэффициентом трения $k=0.01\text{ Н/м}$; $\omega_0=2\text{ рад/с}$ и вынуждающей силой $F=\sin 2t$.

Тема 3. Релятивистская физика и теория тензорных вычислений.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Геометрия четырехмерного псевдоевклидова пространства. Преобразования Лоренца. Принцип ковариантности. Ковариантное обобщение уравнений механики. Определение тензора. Алгебраические операции над тензорами.

лабораторная работа (10 часа(ов)):

1. Валентность и ранг тензора. Извлечение информации о тензоре в пакете Maple. Примеры.
2. 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 $T_{ik}U^i$, $T_{ik}U^k$, $T_{ik}U^iU^k$.

Тема 4. Ковариантные производные от тензора.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Ковариантные дифференциальные операторы 1-го и 2-го порядков. Дискриминантный тензор и его связь с площадью и объемом. Вывод уравнений геодезических из уравнений Эйлера-Лагранжа. Принцип Ферма и геометрическая оптика неоднородной анизотропной среды. Ковариантные дифференциальные операторы 1-го и 2-го порядков.

лабораторная работа (8 часа(ов)):

21. Вычисление символов Кристоффеля 1-го и 2-го рода в пакете Maple. Вычислить символы Кристоффеля 1-го и 2-го рода для метрики $ds^2 = (1 - 2r_0/r)dt^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) - \frac{dr^2}{1 - 2r_0/r}$.
22. Вычислить в пакете Maple ковариантные производные от контрвариантного вектора $V = (r^2, r^2 \cos^2 \varphi)$ относительно метрики $ds^2 = dr^2 + r^2 \cos^2 \varphi$.
23. Построить компьютерную модель движения частицы в поле Черной Дыры.

Тема 5. Электродинамика.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Дискриминантный тензор и его связь с площадью и объемом. Тензор Максвелла и дуальный тензор. Закон сохранения заряда. Вывод его из уравнения непрерывности. Плотность точечного заряда. delta-функция Дирака и ее свойства. Четырехмерный векторный потенциал и тензор Максвелла.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Вычисление тензора Максвелла и дуального к нему тензора по заданному 4-х мерному векторному потенциалу. Вычисления в пакете Maple операций над обобщенными функциями.

Тема 6. Вывод ковариантных уравнений Максвелла. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Закон сохранения заряда. Вывод его из уравнения непрерывности. Плотность точечного заряда. delta-функция Дирака и ее свойства. Четырехмерный векторный потенциал и тензор Максвелла. Функция Лагранжа для электромагнитного поля. Вывод ковариантных уравнений Максвелла. Частные решения уравнений Максвелла. Электромагнитное поле точечного заряда. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле. Вывод из принципа наименьшего действия. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

1. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянных скрещенных электромагнитных полях в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(1,0,0)$; $\vec{H}=(0,2,0)$; $q=0.7$; $m=0.9$. 2. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянных скрещенных электромагнитных полях с линейным трением в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(0.5,0,0)$; $\vec{H}=(0,1.5,0)$; $q=1$; $m=0.25$; $k=0.025$. 3. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянных скрещенных электромагнитных полях с квадратичным по скорости трением в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(0,1,0)$; $\vec{H}=(2,0,0)$; $q=1$; $m=1$; $k=0.005$. 4. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянном электромагнитном поле $\vec{E}=(0,0,E)$ с квадратичным по скорости трением в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(0,1,0)$; $q=1$; $m=0.25$; $k=0.025$.

Тема 7. Тензоры кривизны, Риччи, скалярная кривизна. Элементы теории гравитации.

лекционное занятие (6 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. Тензор энергии-импульса идеальной жидкости. Уравнения движения идеальной жидкости как дифференциальное следствие уравнений Эйнштейна.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

1. Вычислить тензор кривизны и тензор Риччи для метрики Шварцшильда: $ds^2=dt^2(1-2/r)-dr^2 \cdot 1/(1-2/r)+r^2d\theta^2+r^2\cos^2\theta d\phi^2$. 2. Вычислить тензор кривизны и тензор Риччи для метрики Фридмана: $ds^2=dt^2-a^2(t)(dr^2+r^2d\theta^2+r^2\cos^2\theta d\phi^2)$. 3. Построить численную модель движения массивной частицы в поле Черной дыры: $ds^2=dt^2(1-2/r)-dr^2 \cdot 1/(1-2/r)+r^2d\theta^2+r^2\cos^2\theta d\phi^2$, построить конфигурационную траекторию частицы. 4. Построить численную модель движения безмассовой частицы в поле Черной дыры: $ds^2=dt^2(1-2/r)-dr^2 \cdot 1/(1-2/r)+r^2d\theta^2+r^2\cos^2\theta d\phi^2$, построить конфигурационную траекторию частицы.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Принцип наименьшего действия.	6	1-4	подготовка к творческому заданию	10	творческое задание
2.	Тема 2. Теория колебаний.	6	5-9	подготовка к творческому заданию	16	творческое задание
3.	Тема 3. Релятивистская физика и теория тензорных вычислений.	6	10-13	подготовка к творческому заданию	14	творческое задание
4.	Тема 4. Ковариантные производные от тензора.	6	14-18	подготовка к творческому заданию	14	творческое задание
	Итого				54	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы образовательных технологий, основанные на интегрировании методов информационных технологий и компьютерного моделирования (авторская разработка).

Предусмотрено широкое применение компьютерных симуляций.

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.

творческое задание , примерные вопросы:

1. В пакете Maple построить компьютерную модель движения тела в однородном поле тяжести при наличии квадратичной по скорости силы трения:

$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} + k \frac{d \vec{r}}{dt} \left| \frac{d \vec{r}}{dt} \right| = m \vec{g}$, $\vec{g} = (0, 0, -9.8)$; $k = 0.02$. На основе полученной модели исследовать конфигурационные и фазовые траектории; $m = 1$. 2. В пакете Maple построить компьютерную модель движения тела в однородном поле тяжести при наличии квадратичной по скорости силы трения: $m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} + k \frac{d \vec{r}}{dt} \left| \frac{d \vec{r}}{dt} \right| = m \vec{g}$, $\vec{g} = (0, 0, -9.8)$; $k = 0.01$; $m = 0.5$. На основе полученной модели исследовать конфигурационные и фазовые траектории.

Тема 2. Теория колебаний.

творческое задание , примерные вопросы:

1. Построить компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.5 с линейным коэффициентом трения $k = 0.01$; $\omega_0 = 1$ и вынуждающей силой $F = \sin 3t$. Построить фазовую траекторию колебаний. 2. Построить анимированную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 1 с линейным коэффициентом трения $k = 0.01$; $\omega_0 = 2$ и вынуждающей силой $F = \sin 2t$. 3. Построить анимированную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.5 с линейным коэффициентом трения $k = 0.02$; $\omega_0 = 3$ и вынуждающей силой $F = \sin 2t$. 4. Построить анимированную оснащенную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 1 с линейным коэффициентом трения $k = 0.025$; $\omega_0 = 2$ и вынуждающей силой $F = \cos 2t$. Вывести на табло данные о моментальном значении скорости.

Тема 3. Релятивистская физика и теория тензорных вычислений.

творческое задание , примерные вопросы:

1. Валентность и ранг тензора. Извлечение информации о тензоре в пакете Maple. Привести пример. 2. Вычисление символов Кристоффеля 1-го и 2-го рода в пакете Maple. Вычислить символы Кристоффеля 1-го и 2-го рода для метрики $ds^2 = (1 - 2r_0/r) dt^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) - \frac{dr^2}{1 - 2r_0/r}$.

Тема 4. Ковариантные производные от тензора.

творческое задание , примерные вопросы:

1. Вычислить в пакете Maple ковариантные производные от контрвариантного вектора $V = (r^2, r^2 \cos^2 \varphi)$ относительно метрики $ds^2 = dr^2 + r^2 \cos^2 \varphi$.

Тема 5. Электродинамика.

Тема 6. Вывод ковариантных уравнений Максвелла. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.

Тема 7. Тензоры кривизны, Риччи, скалярная кривизна. Элементы теории гравитации.

Итоговая форма контроля

зачет и экзамен (в 6 семестре)

Итоговая форма контроля

зачет и экзамен (в 7 семестре)

Примерные вопросы к :

Принцип наименьшего действия

Динамические системы; число степеней свободы, фазовое пространство системы. Принцип наименьшего действия. Вывод уравнений Эйлера-Лагранжа. Уравнения Эйлера-Лагранжа для одной частицы в поле потенциальных сил. Второй закон Ньютона. Вывод закона сохранения энергии из уравнений Эйлера-Лагранжа. Движение в сферически - симметричном потенциальном поле. Интегралы движения. Вывод уравнений геодезических из уравнений Эйлера-Лагранжа.

Теория колебаний

Вывод уравнения линейных колебаний для связанной системы Вывод уравнения одномерных нелинейных колебаний для потенциала 4-го порядка. Понятие о спонтанном нарушении симметрии.

Релятивистская физика и теория тензорных вычислений

Принцип ковариантности. Ковариантное обобщение уравнений механики Определение тензора. Алгебраические операции над тензорами. Ковариантные производные от тензора. Ковариантные дифференциальные операторы 1-го и 2-го порядков. Дискриминантный тензор и его связь с площадью и объемом. Тензор Максвелла и дуальный тензор. Тензоры кривизны, Риччи, скалярная кривизна. Тождества Бьянки и уравнения Эйнштейна. Движение пробных тел в релятивистских полях тяготения. Релятивистские канонические уравнения движения. Уравнения движения частицы в скалярном поле. Тензор энергии-импульса идеальной жидкости. Уравнения движения идеальной жидкости.

Электродинамика

Закон сохранения заряда. Вывод его из уравнения непрерывности. Плотность точечного заряда. delta-функция Дирака и ее свойства. Четырехмерный векторный потенциал и тензор Максвелла. Функция Лагранжа для электромагнитного поля. Вывод ковариантных уравнений Максвелла. Частные решения уравнений Максвелла. Электромагнитное поле точечного заряда. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле. Вывод из принципа наименьшего действия. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля

Задачи на уравнения Эйлера-Лагранжа

1. В пакете Maple построить анимированную компьютерную модель движения тела в однородном поле тяжести при наличии линейной силы трения:

$$m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}+k\frac{\vec{r}}{dt}=m\vec{g},$$

$\vec{g}=(0,0,-10)$; $k=0.02$; $m=0.1$. На основе полученной модели исследовать конфигурационные и фазовые траектории.

2. В пакете Maple построить анимированную компьютерную модель движения тела в однородном поле тяжести при наличии линейной силы трения:

$$m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}+k\frac{\vec{r}}{dt}=m\vec{g},$$

$\vec{g}=(0,0,-10)$; $k=0.01$; $m=1$. На основе полученной модели исследовать конфигурационные и фазовые траектории.

3. В пакете Maple построить компьютерную модель движения тела в однородном поле тяжести при наличии квадратичной по скорости силы трения:

$$m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}+k\frac{\vec{r}}{dt}\left|\frac{\vec{r}}{dt}\right|=m\vec{g},$$

$\vec{g}=(0,0,-9.8)$; $k=0.02$. На основе полученной модели исследовать конфигурационные и фазовые траектории; $m=1$.

4. В пакете Maple построить компьютерную модель движения тела в однородном поле тяжести при наличии квадратичной по скорости силы трения: $m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}+$

$$k\frac{\vec{r}}{dt}\left|\frac{\vec{r}}{dt}\right|=m\vec{g},$$

$\vec{g}=(0,0,-9.8)$; $k=0.01$; $m=0.5$. На основе полученной модели исследовать конфигурационные и фазовые траектории.

Задачи на теорию колебаний

5. Построить компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 1 кг с линейным коэффициентом трения $k=0.02\text{ Н/с}$; $\omega_0=2\text{ рад/с}$

и вынуждающей силой $F=\sin 2t$. Построить фазовую траекторию колебаний.

6. Построить компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.5 с линейным коэффициентом трения $k=0.01$; $\omega_0=1$ и вынуждающей силой $F=\sin 3t$. Построить фазовую траекторию колебаний.
 7. Построить анимированную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 1 с линейным коэффициентом трения $k=0.01$; $\omega_0=2$ и вынуждающей силой $F=\sin 2t$.
 8. Построить анимированную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.5 с линейным коэффициентом трения $k=0.02$; $\omega_0=3$ и вынуждающей силой $F=\sin 2t$.
 9. Построить анимированную оснащенную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 1 с линейным коэффициентом трения $k=0.025$; $\omega_0=2$ и вынуждающей силой $F=\cos 2t$. Вывести на табло данные о моментальном значении скорости.
 10. Построить анимированную оснащенную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.5 с линейным коэффициентом трения $k=0.01$; $\omega_0=1$ и вынуждающей силой $F=\sin 3t$. Вывести на табло данные о моментальном значении скорости.
 11. Построить численную компьютерную модель в пакете Maple одномерных нелинейных колебаний частицы массы 1 с линейным коэффициентом трения $k=0.02$; $\omega_0=3$ и вынуждающей силой $F=e^{-0.1t}\sin 2t$ в поле потенциала 4-го порядка. Построить фазовую траекторию колебаний.
 12. Построить численную компьютерную модель в пакете Maple одномерных нелинейных колебаний частицы массы 1 с линейным коэффициентом трения $k=0.01$; $\omega_0=2$ и вынуждающей силой $F=\sin 3t$ в поле потенциала 4-го порядка. Построить фазовую траекторию колебаний.
 13. Построить компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.1 с линейным коэффициентом трения $k=0.01$; $\omega_0=3$ и вынуждающей силой $F=e^{-0.2t}\sin t$. Построить фазовую траекторию колебаний.
 14. Построить компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.7 с линейным коэффициентом трения $k=0.02$; $\omega_0=1.5$ и вынуждающей силой $F=\sin 3t$. Построить фазовую траекторию колебаний.
 15. Построить анимированную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.25 с линейным коэффициентом трения $k=0.02$; $\omega_0=1.5$ и вынуждающей силой $F=t\sin 2t$; $v_0=0$.
 16. Построить анимированную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.25 с линейным коэффициентом трения $k=0.02$; $\omega_0=3$ и вынуждающей силой $F=\sin 2t$; $v_0=-2$.
 17. Построить анимированную оснащенную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 2 с линейным коэффициентом трения $k=0.02$; $\omega_0=1$ и вынуждающей силой $F=t\cos 2t$. Вывести на табло данные о моментальном значении скорости.
 18. Построить анимированную оснащенную компьютерную модель в пакете Maple одномерных линейных колебаний частицы массы 0.5 с линейным коэффициентом трения $k=0.02$; $\omega_0=2$ и вынуждающей силой $F=t\sin 3t$. Вывести на табло данные о моментальном значении скорости.
- Задачи по тензорному исчислению
19. Определение тензора. Задание тензора в пакете Maple. Привести пример.
 20. Валентность и ранг тензора. Извлечение информации о тензоре в пакете Maple. Привести пример.
 21. Вычисление символов Кристоффеля 1-го и 2-го рода в пакете Maple. Вычислить символы Кристоффеля 1-го и 2-го рода для метрики $ds^2=(1-2r_0/r)dt^2-r^2(d\theta^2+\sin^2\theta d\varphi^2)-\frac{dr^2}{1-2r_0/r}$.
 22. Вычислить в пакете Maple ковариантные производные от контрвариантного вектора

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

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

24. Даны ковариантный тензор $T_{ik}=\left(\begin{array}{lll} r & r^2 & r^3 \\ 0 & \cos^2\varphi & \sin^2\varphi \\ 1 & r & 0 \end{array}\right)$

и контрвариантный вектор $U^i=(r,1,2)$.

В пакете Maple вычислить свертки $T_{ik}U^i$, $T_{ik}U^k$, $T_{ik}U^iU^k$.

Задачи по электродинамике

25. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянных скрещенных электромагнитных полях в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(1,0,0)$; $\vec{H}=(0,2,0)$; $q=0.7$; $m=0.9$.

26. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянных скрещенных электромагнитных полях с линейным трением в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(0.5,0,0)$; $\vec{H}=(0,1.5,0)$; $q=1$; $m=0.25$; $k=0.025$.

27. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянных скрещенных электромагнитных полях с квадратичным по скорости трением в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(0,1,0)$; $\vec{H}=(2,0,0)$; $q=1$; $m=1$; $k=0.005$.

28. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянном электромагнитном поле $\vec{E}=(0,0,E)$ с квадратичным по скорости трением в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(0,1,0)$; $q=1$; $m=0.25$; $k=0.025$.

29. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянных скрещенных электромагнитных полях в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(2,0,0)$; $\vec{H}=(0,1,0)$; $q=1$; $m=0.5$; $v_0=(0,1,1)$.

30. Обобщенные функции в пакете Maple. функция модуля, функция Хевисайда и функция Дирака. Их дифференцирование и связь.

31. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянных скрещенных электромагнитных полях с линейным трением в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(0,1,0)$; $\vec{H}=(0,2,0)$; $q=0.1$; $m=0.25$; $k=0.02$; $v_0=(0,2,2)$.

32. Построить компьютерную модель движения заряда в постоянных скрещенных электромагнитных полях с квадратичным по скорости трением в пакете Maple. На основе полученной модели исследовать конфигурационную траекторию движения: $\vec{E}=(1,1,0)$; $\vec{H}=(2,0,0)$; $q=0.6$; $m=0.01$; $k=0.0015$.

Задачи по гравитации

33. Вычислить тензор кривизны и тензор Риччи для метрики Шварцшильда:

$ds^2=dt^2(1-2/r)-dr^2/(1-2/r)+r^2d\theta^2+r^2\cos^2\theta d\varphi^2$.

34. Вычислить тензор кривизны и тензор Риччи для метрики Фридмана:

$ds^2=dt^2-a^2(t)(dr^2+r^2d\theta^2+r^2\cos^2\theta d\varphi^2)$.

35. Построить численную модель движения массивной частицы в поле Черной дыры:

$ds^2=dt^2(1-2/r)-dr^2/(1-2/r)+r^2d\theta^2+r^2\cos^2\theta d\varphi^2$,

построить конфигурационную траекторию частицы.

36. Построить численную модель движения безмассовой частицы в поле Черной дыры:

$ds^2=dt^2(1-2/r)-dr^2/(1-2/r)+r^2d\theta^2+r^2\cos^2\theta d\varphi^2$,

построить конфигурационную траекторию частицы.

7.1. Основная литература:

1. Эльсгольц, Лев Эрнестович. Дифференциальные уравнения : учебник для физических и физико-математических факультетов университетов / Л. Э. Эльсгольц .- Изд. стер. - Москва : URSS : [Изд-во ЛКИ, 2013] .- 309 с.
2. 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.
3. Гусейханов, М.К. Основы астрофизики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М.К. Гусейханов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 208 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93593>.
4. Савельев, И.В. Основы теоретической физики (в 2 тт.). Том 1. Механика. Электродинамика [Электронный ресурс] : учеб. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 496 с.- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71764>.
5. Язев, С.А. Лекции о Солнечной системе [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.А. Язев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. -384 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1557>.
6. Голоскоков, Дмитрий Петрович. Практический курс математической физики в системе Maple [Текст: электронный ресурс] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Д. П. Голоскоков .-Электронные данные (1 файл: 10,08 Мб) .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2013) .- Загл. с экрана .- Для семестров с 1-го по 9-ый. Режим доступа: открытый .- URL:http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05_000_000414.pdf.
7. Международная конференция по гравитации, космологии и астрофизике, российская гравитационная конференция.
XV-я Российская гравитационная конференция 'Международная конференция по гравитации, космологии и астрофизике'; Международная школа по гравитации и космологии 'GRACOS-2014', Казань, 30 июня - 5 июля 2014 года [Текст: электронный ресурс] : материалы конференции / [под общ. ред. д.ф.-м.н. Ю. Г. Игнатъева] .- Электронные данные (1 файл: 5,97 Мб) .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) .- Загл. с экрана .- Вых. дан. ориг. печ. изд.: Казань: Казанский университет, 2014 .- В надзаг.: Рос. гравитац. о-во, Рос. фонд фундам. исслед., Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского, Центр гравитации и фундам. метрологии ВНИИМС, Рос. ун-т дружбы народов .- Режим доступа: открытый. URL:<http://libweb.kpfu.ru/ebooks/publicat/806560.pdf>.
8. Игнатъев, Юрий Геннадиевич. Дифференциальная геометрия кривых поверхностей в евклидовом пространстве [Текст: электронный ресурс] : учебное пособие : курс лекций для студентов математического факультета : специальности: (математика и информатика, математика и иностранный язык) / проф. Ю. Г. Игнатъев ; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского .- Электронные данные (1 файл: 1,9 Мб) .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2013) .- Загл. с экрана .- Для 4-го семестра .- Режим доступа: открытый .- URL:http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05-IMM/05_120_000327.pdf.

7.2. Дополнительная литература:

1. 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.

2. 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.
3. Игнатъев, Юрий Геннадиевич. Математическое и компьютерное моделирование фундаментальных объектов и явлений в системе компьютерной математики Maple [Текст: электронный ресурс] : [лекции для школы по математическому моделированию] / Ю. Г. Игнатъев ; Казан. (Приволж.) федер. ун-тет, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского .- Электронные данные (1 файл: 19,09 Мб) .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) .- Загл. с экрана .- Для 8-го, 9-го и 10-го семестров. - Режим доступа: URL:http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05-IMM/05_120_000443.pdf.

7.3. Интернет-ресурсы:

Голоскоков, Дмитрий Петрович. Практический курс математической физики в системе Maple [Текст: электронный ресурс] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений - https://eknigi.org/nauka_i_ucheba/54606-uravneniya-matematicheskoy-fiziki-reshenie-zadach.html
XV-я Российская гравитационная конференция - http://www.stfi.ru/documents/2014/GRACOS_2014_TrudiSchool.pdf
Игнатъев Ю.Г. Математическое и компьютерное моделирование фундаментальных объектов и явлений в системе компьютерной математики Maple. Лекции для школы по математическому моделированию. - http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/mmm_eor-s.pdf
Игнатъев, Юрий Геннадиевич. Дифференциальная геометрия кривых поверхностей в евклидовом пространстве [Текст: электронный ресурс] : учебное пособие : курс лекций для студентов математического факультета. - http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/DifGeo13_14pt-dv.pdf
Игнатъев, Юрий Геннадиевич. Неравновесная Вселенная: кинетические модели космологической эволюции - <http://rgs.vniims.ru/books/universe.pdf>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Математические основы физики" 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 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.

1. На кафедре высшей математики и математического моделирования имеется собственный кафедральный фонд книг (свыше 700 книг).
2. На педагогическом отделении имеется 3 компьютерных класса, объединенных в локальные сети и подключенные к интернету, 4 ноутбука и 3 проектора, 4 принтера, из них 1 - цветной, и 2 ксерокса, позволяющие обеспечивать учебный процесс. Компьютеры используются, помимо прочего, для спецкурсов и спецсеминаров, а также для выполнения квалификационных работ.
3. На кафедре имеется оборудование, позволяющее размножать брошюровать методические пособия и учебники.
4. Мультимедийная аудитория (711 ауд.)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 44.03.05 "Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)" и профилю подготовки Математика, информатика и информационные технологии.

Автор(ы):

Игнатьев Ю.Г. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Сушков С.В. _____

"__" _____ 201__ г.