

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра физико-математических методов управления

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

Наименование дисциплины:

Учебная (ознакомительная) практика

«Геометрический анализ в физике и теории управления»

Уровень высшего образования:

Специалитет

Направление подготовки:

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль) ОПОП:

???

Форма обучения: Очная форма обучения

Москва 2023

Рабочая программа учебной (ознакомительной) практики разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки программы специалитета 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика».

Год (годы) приема на обучение 2023

Авторы–составители:

1. Д.ф.м.н., профессор, Кушнер Алексей Гурьевич, кафедра физико-математических методов управления физического факультета МГУ
2. Д.т.н., профессор, Филимонов Николай Борисович, кафедра физико-математических методов управления физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Д.т.н., профессор, Галяев Андрей Алексеевич, кафедра физико-математических методов управления физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе учебной (ознакомительной) практики

Прохождение учебной (ознакомительной) практики призвана познакомить обучающихся с научными исследованиями в выбранной области специализации, получить первичные профессиональные умения и навыки, освоить базовые понятия научно-исследовательской работы.

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Формат обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Место практики в структуре ОПОП ВО

Учебная (ознакомительная) практика «Геометрический анализ в физике и теории управления» входит в структурный элемент программы специалитета «Практика, в том числе научно-исследовательская работа». Целями практики являются: знакомство студентов с научными исследованиями в выбранной области специализации, формирование первичных профессиональных умений и навыков, знакомство с базовыми понятиями научно-исследовательской работы.

Учебная (ознакомительная) практика осуществляется в научных группах структурных подразделений физического факультета параллельно с теоретическим обучением.

Учебная (ознакомительная) практика осуществляется в 6 семестре.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Базовые знания курсов общей физики (механика, термодинамика, электродинамика) и высшей математики (линейная алгебра, математический анализ).

Достаточное владение английским языком для чтения научной литературы.

Владение компьютером и ОС Windows.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате прохождения учебной (ознакомительной) практики у обучающихся должны быть сформированы:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять современные теоретические модели физических явлений, процессов и систем, результаты экспериментальных исследований в фундаментальных и прикладных исследованиях и разработках	ОПК-1.2. Владеет базовой терминологией и понятийным аппаратом профессиональной области исследования. ИУК-2.2 Понимает логику построения современных теоретических моделей профессиональной области исследований. ИУК-2.3. Использует теоретические основы базовых разделов физики при решении конкретных физических задач.	Знать основные теоретические подходы в профессиональной области исследования Уметь интерпретировать результаты современных экспериментальных и теоретических исследований в профессиональной области исследования Владеть базовыми методами проведения научно-исследовательской работы в профессиональной области исследования

4. Форма обучения: очная.

5. Язык обучения: русский.

6. Содержание дисциплины

Тема 1. Подготовительный этап практики.

Организационные вопросы прохождения практики. Постановка целей и задач учебной практики. Геометрические методы в задачах физики и теории управления (обзор).

Знакомство с системой научного программирования Maple.

Тема 2. Гладкие многообразия.

Карты и атласы. Отображения перехода. Гладкие функции на многообразиях. Аксиома Хаусдорфа. Пространства джетов.

Тема 3. Гладкие отображения.

Гладкие отображения многообразий и диффеоморфизмы. Ранг отображения. Действие гладких отображений на функции. Подмногообразия.

Тема 4. Векторы и ковекторы.

Касательное и кокасательное пространства. Поведение векторов и ковекторов при преобразованиях. Тензорные и внешние произведения.

Тема 5. Векторные поля на многообразиях.

Координатное представление векторных полей. Векторные поля как линейные дифференциальные операторы первого порядка. Модуль векторных полей.

Тема 6. Траектории векторных полей.

Преобразование сдвига вдоль траекторий векторного поля и ее вычисление (в том числе в системе компьютерной алгебры Maple). Алгебра Ли векторных полей. Геометрический смысл коммутатора векторных полей. Представление коммутатора векторных полей в координатах. Представление векторных полей в системе компьютерной алгебры Maple.

Тема 7. Фазовые портреты динамических систем на многообразиях.

Фазовые траектории. Интегралы векторных полей. Особые точки векторных полей.

Линейные векторные поля.

Тема 8. Производная Ли от функций.

Производная Ли от функции. Функции, инвариантные относительно преобразований. Вычисление производных Ли в системе компьютерной алгебры Maple.

Тема 9. Группы Ли.

Группы Ли преобразований. Теоремы С. Ли. Алгебры Ли групп Ли. Алгебра инвариантов групп Ли.

Тема 10. Дифференциальные 1-формы. Дифференциал функции. Координатные представления дифференциальных 1-форм. Представление дифференциальных форм в системе компьютерной алгебры Maple.

Тема 11. Дифференциальные k-формы.

Альтернирование. Внешнее произведение форм. Внешний дифференциал. Комплекс де Рама. Внешнее произведение и внешнее дифференцирование в системе компьютерной алгебры Maple. Производная Ли дифференциальных k-форм. Уравнения Максвелла.

Тема 12. Симплектическая геометрия и её применение в механике.

Симплектические структуры в классической механике. Уравнения Гамильтона и гамильтоновы векторные поля. Теорема Лиувилля и интегрируемость.

Тема 13. Тензорные поля на многообразиях.

Представление тензорных полей в координатах. Метрический тензор на многообразии. Автоморфизмы метрического тензора. Производная Ли тензорных полей. Вычисление автоморфизмов в Maple. Геометрии Евклида, Лобачевского, Минковского и де Ситтера. Применение в теории относительности.

Тема 14. Распределения на многообразиях.

Два способа задания подпространств векторного пространства: с помощью векторов и с помощью ковекторов. Задание распределения векторными полями и дифференциальными 1-формами. Вполне интегрируемые распределения и их первые интегралы. Теорема Фробениуса. Теорема Рашевского об управляемости.

Тема 15. Контактная геометрия в теории управления и термодинамике.

Пространство 1-джетов и форма Картана. Термодинамическое фазовое пространство, первое и второе начала термодинамики и форма Гиббса. Уравнения термодинамических состояний газов и лежандровы подмногообразия. Управление в термодинамических системах.

Тема 16. Контактные преобразования.

Контактные преобразования и контактные векторные поля. Преобразование Лежандра. Вид контактного векторного поля в канонических координатах. Точечные преобразования. Продолжение точечных преобразований в пространство 1-джетов. Применение контактных преобразований в механике и термодинамике.

Тема 17. Контактная геометрия обыкновенных дифференциальных уравнения первого порядка.

Обыкновенные дифференциальные уравнения, не разрешенные относительно производной как поверхности в пространстве джетов. Распределение Картана. Многозначные и классические решения.

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем нагрузки в ак. часах		
		Общая трудоемкость	Контактная работа	Самостоятельная работа студентов
Учебная практика	4	144	34	110

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Разделы (этапы) практики	Количество часов			Форма т конт успевае промеж аттест
	Всего	Контактная работа	Самостоятельная работа	
Подготовительный этап практики. Геометрические методы в задачах физики и теории управления (обзор).	2	2	6	
Гладкие многообразия.	2	2	8	Собесед
Гладкие отображения.	2	2	6	Собесед
Векторы и ковекторы.	2	2	6	Собесед
Векторные поля на многообразиях.	2	2	8	
Траектории векторных полей.	2	2	6	
Фазовые портреты динамических систем на многообразиях.	2	2	8	
Производные Ли.	2	2	6	

Группы Ли.	2	2	6	
Дифференциальные 1-формы.	2	2	6	
Дифференциальные k-формы.	2	2	6	
Симплектическая геометрия и её применение в механике.	2	2	6	
Тензорные поля на многообразиях.	2	2	6	
Распределения на многообразиях.	2	2	8	
Контактная геометрия в механике, теории управления и термодинамике.	2	2	6	
Контактные преобразования.	2	2	6	
Контактная геометрия обыкновенных дифференциальных уравнений.	2	2	6	
	144	34	110	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Перед началом практики студент получает индивидуальное задание на практику по форме, приведенной в Приложении № 1.

Текущий контроль по практике осуществляется в рамках собеседования педагогического (научного) работника с обучающимся, и заключается в оценке качества знаний по научной проблематике, которой посвящено индивидуальное задание, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний и корректность используемых экспериментальных методик.

Формой промежуточной отчетности является дифференцированный зачет, который проходит в виде защиты студентом отчета по выполненным заданиям учебной практики (см. Приложение № 2).

Промежуточная аттестация по результатам прохождения учебной практики проходит до начала экзаменационной сессии.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень вопросов
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Доклад по результатам прохождения учебной практики	Средство контроля, организованное как устное выступление обучающегося по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.	Перечень вопросов

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
ЗНАТЬ: основные теоретические подходы в профессиональной области исследования	Отсутствие знаний основных теоретических подходов в профессиональной области исследования	В целом успешные, но не систематические знания основных теоретических подходов в профессиональной области исследования	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания основных теоретических подходов в профессиональной области исследования	Успешные и систематические знания основных теоретических подходов в профессиональной области исследования
УМЕТЬ: интерпретировать результаты современных экспериментальных и теоретических исследований в профессиональной области исследования	Отсутствие умения интерпретировать результаты современных экспериментальных и теоретических исследований в профессиональной области	В целом успешное, но не систематическое умение интерпретировать результаты современных экспериментальных и теоретических	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение интерпретировать результаты современных экспериментальных	Успешное и систематическое умение интерпретировать результаты современных экспериментальных и теоретических исследований в профессиональной

	исследования	исследований в профессиональной области исследования	ьных и теоретических исследований в профессиональной области исследования	ой области исследования
ВЛАДЕТЬ: базовыми методами проведения научно-исследовательской работы в профессиональной области исследования	Отсутствие/фрагментарное владение базовыми методами проведения научно-исследовательской работы в профессиональной области исследования	В целом успешное, но не систематическое владение базовыми методами проведения научно-исследовательской работы в профессиональной области исследования	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы базовыми методами проведения научно-исследовательской работы в профессиональной области исследования	Успешное и систематическое владение базовыми методами проведения научно-исследовательской работы в профессиональной области исследования

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Типовые вопросы по тематике индивидуального задания.

Дать определения и привести примеры:

1. Гладкие многообразия и гладкие функции на многообразиях.
2. Гладкие отображения многообразий и диффеоморфизмы.
3. Подмногообразия.
4. Касательное и кокасательное пространства.
5. Векторные поля как линейные дифференциальные операторы первого порядка.
6. Преобразование сдвига вдоль траекторий векторного поля.
7. Интегральные траектории векторных полей.
8. Интегралы векторных полей.
9. Особые точки векторных полей.
10. Производная Ли от функции.
11. Группы Ли преобразований.
12. Алгебры Ли групп Ли.
13. Дифференциал функции.
14. Внешнее произведение форм.
15. Комплекс де Рама.
16. Производная Ли дифференциальных k -форм.
17. Симплектические структуры.
18. Уравнения Гамильтона и гамильтоновы векторные поля.

19. Теорема Лиувилля.
20. Производная Ли тензорных полей.
21. Распределения на многообразиях.
22. Теорема Фробениуса.
23. Теорема Рашевского об управляемости.
24. Пространство 1-джетов и форма Картана.
25. Управление в термодинамических системах.
26. Контактные преобразования и контактные векторные поля.
27. Распределение Картана.
28. Многозначные решения дифференциальных уравнений.

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

При аттестации обучающийся представляет отчет по практике по установленной форме (см. Приложение 2).

Типовой отчет должен содержать описание учебных задач, необходимые данные обзора научной литературы по тематике, полученные самостоятельно теоретические данные, обработанные согласно установленным требованиям, теоретические обоснования применяемых методик и подходов.

Объем отчета и возможные дополнительные разделы (при необходимости) устанавливаются руководителем практики.

Защита отчета проводится до начала промежуточной аттестации по предметам теоретического обучения.

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Типовые вопросы по результатам выполнения индивидуального задания.

1. Ввести структуру гладкого многообразия на треугольнике.
2. Описать конфигурационное пространство двух отрезков в пространстве, соединенных шарниром.
3. Описать конфигурационное пространство молекулы воды.
4. Ввести структуру гладкого многообразия на окружности.
5. Ввести структуру гладкого многообразия на графике заданной функции $y = f(x)$.
6. Найти 3-джет заданной функции $y = f(x)$ в заданной точке.
7. Задают ли две заданные функции $y = f(x)$ и $y = g(x)$ один и тот же k -джет в точке a ?
8. Пусть M и N – гладкие многообразия. Является ли заданное отображение $\Phi: M \rightarrow N$ а) гладким; б) диффеоморфизмом?
9. Пусть M и N – гладкие многообразия и $\Phi: M \rightarrow N$ - гладкое отображение. Для заданной функции $f \in C^\infty(N)$ найти $\Phi^*(f)$.
10. Пусть M и N – гладкие многообразия и $\Phi: M \rightarrow N$ - гладкое отображение. Для заданного касательного вектора $X_a \in T_a M$ найти его образ $\Phi_{*,a}(X_a)$.
11. Пусть M и N – гладкие многообразия и $\Phi: M \rightarrow N$ - гладкое отображение. Для заданного ковектора $\alpha_a \in T_a^* N$ найти его образ $\Phi_a^*(\alpha_a)$.

12. Пусть M и N – гладкие многообразия и $\Phi: M \rightarrow N$ – гладкое отображение. Для заданной дифференциальной 1-формы α на N найти её образ $\Phi^*(\alpha)$.
13. Найти поток заданного векторного поля.
14. Найти коммутатор двух заданных векторных полей.
15. Является ли заданное распределение вполне интегрируемым? (применить теорему Фробениуса). Если – да, то найти его интегралы.
16. Является ли заданное преобразование контактным?
17. Найти интегралы заданного линейного векторного поля. Изобразить его траектории.
18. Найти производную Ли заданной функции вдоль заданного векторного поля.
19. Показать, что коммутатор двух векторных полей также является векторным полем.
20. Найти многозначные решения заданного дифференциального уравнения $F(x, y, y') = 0$. Изобразить их проекции на плоскость xOy .
21. Является ли заданное преобразование пространства 1-джетов контактным?

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература

1. Кушнер А.Г. Геометрический анализ дифференциальных уравнений физики. Москва: МГУ — 2023. Электронная версия.
2. Бочаров, А.В. Симметрии и законы сохранения уравнений математической физики / А.В. Бочаров, А.М. Вербоветский, А.М., А.М. Виноградов и др. - М.: Факториал, 2005. – 380 с.
3. Ибрагимов Н. Х. Азбука группового анализа. – М.: Знание, 1989. – 48 с.
4. Robert M. Corless. Essential Maple 7: An Introduction for Scientific Programmers. Springer, 2000. — 299 p.
5. Ахметзянов А.В., Кушнер А.Г., Лычагин В.В. Математические модели управления разработкой нефтяных месторождений. — Москва: ИПУ РАН, 2017. — 124 с.

Дополнительная литература

1. Ибрагимов Н. Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. — Нижний Новгород: НГУ, 2007. – 421 с.
2. Дорошин А.В. Математическое моделирование в нелинейной динамике. Самара: Издательство СГАУ, 2008. — 100 стр.
3. Теория управления (дополнительные главы). Под ред. Д.А. Новикова. — Москва: Москва, 2019. — 552 с.

Интернет-ресурсы.

1. <http://d-omega.org/>
2. <https://ium.mccme.ru/>
3. <https://gdeq.org/Seminar>

Материально-техническое обеспечение

Практика может проводиться в структурных подразделениях МГУ имени М.В.Ломоносова, материальная база которых соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Практика может осуществляться на основе договоров с организациями, деятельность которых соответствует профессиональным компетенциям, осваиваемым в рамках ОПОП ВО.

Приложение № 1.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Физический факультет

Кафедра физико-математических методов управления

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ, ВЫПОЛНЯЕМОЕ В ПЕРИОД ПРАКТИКИ

(фамилия, имя, отчество при наличии)

студенту 3 курса

образовательной программы

Название специализации

Вид практики

Учебная

Тип практики

ознакомительная

Способ проведения

стационарная

Срок прохождения практики

с 7 февраля 2023 г.

по _____ 2023 г.

Задание на

практику _____

—

Подписи:

Студент:

Руководитель практики: проф. А.Г. Кушнер

Приложение №2

Образец титульного листа отчета о прохождении практики

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Физический факультет
Кафедра физико-математических методов управления

Образовательная программа «**Название специализации**»

специалитет

03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика»

О Т Ч Е Т по учебной практике

Выполнил студент гр. _____

(ФИО)

(подпись)

Проверили:

(должность, ФИО руководителя практики)

(оценка)

(подпись)

(дата)

Примерная структура отчета.

1. Введение (в разделе должны быть приведены цели и задачи практики)
2. Содержательная часть.
 - 2.1. Описание учебных задач, решаемых студентом на практике (в соответствии с целями и задачами программы практики и индивидуальным заданием).
3. Исполненное индивидуальное задание.
4. Заключение
5. Приложения (графики, схемы, таблицы, алгоритмы, иллюстрации и т.п.).