

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра высшей математики ФФ**

академик РАН



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФФ

А. Е. Бондарь

2020 г.

Рабочая программа дисциплины

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ
ВАРИАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ**

направление подготовки: **03.03.02 Физика, Курс 2, семестр 4**
направленности (профили): **все профили**

Форма обучения

Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	36	20	8		6			2		
Итого	36	20	8		6			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 30 часов - в интерактивных формах 8 часов										
Компетенции ОПК-2										

Разработчик:

к.ф.-м.н.

А. А. Егоров

Зав. кафедрой ВМ ФФ НГУ

PhD

А. П. Ульянов

Ответственный за образовательную программу,

д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2020

Содержание

Аннотация	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	6
5. Перечень учебной литературы.	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	10

Аннотация

к рабочей программе дисциплины
«Дополнительные главы вариационного исчисления»
Направление: 03.03.02 Физика
Направленность (профиль): все профили подготовки

Программа курса «Дополнительные главы вариационного исчисления» составлена в соответствии с требованиями СУОС по направлению подготовки 03.03.02 Физика, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ) кафедрой высшей математики физического факультета. Дисциплина изучается факультативно студентами второго курса физического факультета.

Цели курса – познакомить обучающихся с более широким, чем в обязательном курсе “Дифференциальные уравнения”, кругом математических и физических задач, при решении которых существенным образом используются методы вариационного исчисления.

Дисциплина нацелена на формирование общепрофессиональных компетенций:

ОПК-2 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** понятия слабого и сильного экстремума вариационной задачи, трансверсальности, сопряженных точек, полей функционала, функции Вейерштрасса, стационарного действия для полей и то, как эти понятия применяются в механике и физике.
- **Уметь:** применять методы вариационного исчисления для вывода уравнений математической физики.
- **Владеть:** навыками использования достаточных условий для определения слабых и сильных экстремумов вариационных задач.

Курс рассчитан на один семестр. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями, зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: контрольные вопросы.

Промежуточная аттестация: зачёт.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 36 академических часов / 1 зачетную единицу.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Курс «Дополнительные главы вариационного исчисления» имеет своей целью познакомить обучающихся с более широким, чем в обязательном курсе «Дифференциальных уравнений», кругом математических и физических задач, при решении которых существенным образом используются методы вариационного исчисления.

Общепрофессиональная компетенция ОПК-2 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.

Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Студенты активно участвуют в аудиторной работе: поощряется желание задать вопрос, высказать собственную точку зрения.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:**
 - понятия слабого и сильного экстремума вариационной задачи, трансверсальности, сопряженных точек, полей функционала, функции Вейерштрасса, стационарного действия для полей и то, как эти понятия применяются в механике и физике (ОПК 2.1).
- **Уметь:**
 - применять методы вариационного исчисления для вывода уравнений математической физики (ОПК 2.2).
- **Владеть:**
 - навыками использования достаточных условий для определения слабых и сильных экстремумов вариационных задач (ОПК 2.3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Факультативный курс «Дополнительные главы вариационного исчисления» предназначен для тех студентов, кто стремится узнать о более широком, чем в обязательном курсе «Дифференциальные уравнения», круге математических и физических задач, при решении которых существенным образом используются методы вариационного исчисления, а также стремится узнать, как вариационное исчисление применяется в физике.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	36	20	8		6			2		
Итого	36	20	8		6			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 30 часов - в интерактивных формах 8 часов										
Компетенции ОПК-2										

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями, зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: контрольные вопросы;
- промежуточная аттестация: зачёт.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

- занятия лекционного типа – 20 часов;
- практические занятия – 8 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 6 часов;
- промежуточная аттестация (зачёт) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, зачёт) составляет 30 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 8 часов (практические занятия).

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 1 зачётную единицу, 36 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)					Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Основная формула для вариации функционала. Задачи с подвижными концами.	2-4	6	4	2				
2	Вторая вариация. Достаточные условия слабого экстремума.	5-8	8	6	2				
3	Теория поля. Достаточные условия сильного экстремума.	9-11	6	4	2				
4	Вариационные задачи с частными производными.	12-15	8	6	2				
5.	Самостоятельная подготовка обучающегося к зачёту	16	6			6			
6.	Зачёт		2						2
Всего			36	20	8	6			2

Программа и основное содержание лекций (20 часов)

1. Основная формула для вариации функционала. Задачи с подвижными концами. (4 часа)

Основная формула для вариации функционала.
Задачи с подвижными концами.
Случай негладких экстремалей. Условия Вейерштрасса – Эрдмана.

2. Вторая вариация. Достаточные условия слабого экстремума. (6 часов)

Квадратичные функционалы. Вторая вариация функционала.
Формула для второй вариации. Условие Лежандра.
Исследование квадратичного функционала.
Сопряженные точки. Необходимое условие Якоби.
Достаточные условия слабого экстремума.

3. Теория поля. Достаточные условия сильного экстремума. (4 часа)

Согласованные граничные условия. Общее определение поля.
Поле функционала.
Инвариантный интеграл Гильберта.
Функция Вейерштрасса. Достаточные условия сильного экстремума.

4. Вариационные задачи с частными производными. (6 часов)

Основная формула для вариации функционала в случае фиксированной области.
Вариационный вывод ряда классических уравнений математической физики.
Основная формула вариации в случае переменной области. Теорема Нетер.
Принцип стационарного действия для полей. Законы сохранения.
Примеры: уравнение Клейна –Гордона и уравнение Максвелла.

Программа практических занятий (8 часов)

- 1 занятие. Задачи с подвижными концами (2 часа).
2 занятие. Достаточные условия слабого экстремума (2 часа).
3 занятие. Достаточные условия сильного экстремума (2 часа).
4 занятие. Вариационные задачи с частными производными (2 часа).

Самостоятельная работа студентов (6 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к зачёту	6

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Александров В.А., Егоров А.А. Вариационное исчисление: Учеб. пособие. Новосибирск: НГУ, 2000.
2. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М., Наука, 1969..

5.2. Дополнительная литература

3. Карташев А.П., Рождественский Б.Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения и основы вариационного исчисления. М.: Наука, 1986.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

4. Александров В.А., Егоров А.А. Вариационное исчисление: Учеб. пособие. Новосибирск: НГУ, 2000.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции по двухбалльной шкале «сформирована/не сформирована». Положительная оценка «зачёт» выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-2 сформирована в части формирования способности использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, рассмотренных в рамках данной дисциплины. Решение о сформированности компетенции принимается преподавателем в ходе зачёта по результатам ответов на контрольные вопросы.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Дополнительные главы вариационного исчисления».

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ОПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ОПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ОПК 2.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примерный список вопросов к зачёту

1. Основная формула для вариации функционала.
2. Задачи с подвижными концами.
3. Случай негладких экстремалей. Условия Вейерштрасса – Эрдмана.
4. Квадратичные функционалы. Вторая вариация функционала.
5. Формула для второй вариации. Условие Лежандра.
6. Исследование квадратичного функционала.
7. Сопряженные точки. Необходимое условие Якоби.
8. Достаточные условия слабого экстремума.
9. Согласованные граничные условия. Общее определение поля.
10. Поле функционала.
11. Инвариантный интеграл Гильберта.
12. Функция Вейерштрасса. Достаточные условия сильного экстремума.
13. Основная формула для вариации функционала в случае фиксированной области.
14. Вариационный вывод ряда классических уравнений математической физики.
15. Основная формула вариации в случае переменной области. Теорема Нетер.
16. Принцип стационарного действия для полей. Законы сохранения.
17. Примеры: уравнение Клейна –Гордона и уравнение Максвелла.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Дополнительные главы вариационного исчисления»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль: все профили**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного