

**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 теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФФ  
А. Е. Бондарь  
« 04 » 10 2020 г.



**Рабочая программа дисциплины  
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

направление подготовки: **03.03.02 Физика, Курс 2, семестр 4**  
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения: **Очная**

Семестр	Общий объём	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	Зачёт	Дифференцированный зачёт	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	36	28			6			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 30 часов										
Компетенции: ОПК-3										

Разработчик:  
д.ф.-м.н., проф.

В. Г. Сербо

И. о. зав. кафедрой ТФ ФФ НГУ  
к.ф.-м.н., доцент

А. И. Черных

Ответственный за образовательную программу,  
д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2020

## Содержание

<b>Аннотация</b> .....	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. Структура и содержание дисциплины .....	5
5. Перечень учебной литературы.....	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	8

## Аннотация

### к рабочей программе дисциплины курса «Дополнительные главы аналитической механики»

Направление: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Программа курса «Дополнительные главы аналитической механики» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню бакалавриата по направлению подготовки **03.03.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная 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 теоретической физики. Дисциплина изучается студентами второго курса физического факультета.

Цель курса: дать студентам расширенное представление о новых методах аналитической механики, научить решать целый класс новых интересных задач, для изучения которых недостаточно отводимого времени в стандартном курсе аналитической механики.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей общепрофессиональной компетенции:

**ОПК-3 – способности использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** основные законы движения частиц в кулоновском поле и поле трехмерного осциллятора при наличии ряда дополнительных возмущающих сил, методы решения этих задач с помощью теории возмущений и при использовании дополнительных интегралов движения.
- **Уметь:** рассчитывать движение заряженной частицы в кулоновском поле при дополнительном воздействии постоянного и однородного электрического или магнитного поля; рассчитывать движение заряженной частицы в поле трехмерного изотропного осциллятора при дополнительном воздействии малого или сильного магнитного поля, находить скорость дрейфа заряженной частицы в простом случае движения в неоднородном магнитном поле; уметь решать простые задачи нелинейных резонансных взаимодействий двух осцилляторов на примере резонанса Ферми.
- **Владеть:** техникой расчёта движений частицы в центральных полях; техникой решения уравнений Лагранжа и уравнений Гамильтона для одномерных систем и для движения частицы в полях, обладающих свойствами симметрии; техникой расчёта простых задач о нелинейном резонансном взаимодействии двух осцилляторов на примере резонанса Ферми (два осциллятора с частотами  $\omega_y = 2\omega_x$  и взаимодействием  $\delta U = \alpha x^2 y$ ).

Курс рассчитан на один семестр (4-й). Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, консультации, самостоятельная работа студента, зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Промежуточная аттестация: зачёт.

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

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

Дисциплина (курс) «Дополнительные главы аналитической механики» предназначен для обучения студентов-физиков, для которых аналитическая механика является первой главой теоретической физики. Развиваемые в этой главе методы и идеи оказываются важными буквально для всех остальных разделов теоретической физики.

Основной особенностью данного курса является наличие достаточно сложных и содержательных примеров движения частиц в различных полях и развитие ряда новых методов решения таких задач. Отбор материала сделан таким образом, чтобы рассматриваемые примеры помогли в дальнейшем осваивать сложные разделы квантовой механики и электродинамики. В курс вошли вопросы, представляющие общезначимый (не зависящий от будущей специальности слушателей) интерес.

Основное содержание курса сосредоточено вокруг двух главных тем, которые затем оказываются чрезвычайно важными в квантовой механике. Первая из них – это задача о движении частицы в кулоновском поле (задача Кеплера) в присутствии дополнительных возмущающих сил в виде центрального поля или поля постоянной силы (классический эффект Штарка) или постоянного и однородного магнитного поля (классический эффект Зеемана). Вторая главная тема – это набор задач об осцилляторах, включающий влияние магнитного поля на движение анизотропного заряженного осциллятора, тонкие вопросы о нелинейном и резонансном взаимодействии двух осцилляторов и т.д.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** основные законы движения частиц в кулоновском поле и поле трехмерного осциллятора при наличии ряда дополнительных возмущающих сил, методы решения этих задач с помощью теории возмущений и при использовании дополнительных интегралов движения (ОПК-3.1).

- **Уметь:** рассчитывать движение заряженной частицы в кулоновском поле при дополнительном воздействии постоянного и однородного электрического или магнитного поля; рассчитывать движение заряженной частицы в поле трехмерного изотропного осциллятора при дополнительном воздействии малого или сильного магнитного поля, находить скорость дрейфа заряженной частицы в простом случае движения в неоднородном магнитном поле; уметь решать простые задачи нелинейных резонансных взаимодействий двух осцилляторов на примере резонанса Ферми (ОПК-3.2).

- **Владеть:** техникой расчёта движений частицы в центральных полях; техникой решения уравнений Лагранжа и уравнений Гамильтона для одномерных систем и для движения частицы в полях, обладающих свойствами симметрии; техникой расчёта простых задач о нелинейном резонансном взаимодействии двух осцилляторов на примере резонанса Ферми (два осциллятора с частотами  $\omega_y = 2\omega_x$  и взаимодействием  $\delta U = \alpha x^2 y$ ) (ОПК-3.3).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс «Дополнительные главы аналитической механики» читается в весеннем семестре 2-го курса параллельно со второй частью электродинамики и перед курсом квантовой механики. Необходимыми предпосылками для успешного освоения курса являются следующие моменты.

В цикле математических дисциплин: знание основ линейной алгебры и математического анализа, умение решать простые дифференциальные уравнения, умение применять эти знания при решении задач.

В цикле общефизических дисциплин необходимыми предпосылками являются знание и умение применять основные принципы классической механики и электродинамики в рамках курса общей физики. Предполагается, что студенты уже знакомы с такими понятиями, как сила и масса, уравнения Ньютона, потенциальная энергия, одномерные колебания, описание электромагнитного поля с помощью скалярного и векторного потенциалов, уравнения Максвелла.

**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	28			6			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 30 часов										
Компетенции: ОПК-3										

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента, зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Промежуточная аттестация: зачёт.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **36** академических часов / **1** зачётную единицу:

- занятия лекционного типа – 28 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, зачёт) составляет 30 часов.

**4. Структура и содержание дисциплины**

Дисциплина «Дополнительные главы аналитической механики» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 2-м курсе физического факультета НГУ в 4 семестре. Общая трудоемкость программы составляет 1 зачетную единицу, 36 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины, основное содержание лекций	Неделя семестра	Виды учебной работы, включающая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (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 (кол-во часов)	Практические занятия (кол-во часов)				
1	Задача Кеплера. Дополнительный интеграл движения в задаче Кеплера. Прецессия перигелия планеты под действием возмущения в виде центрального поля.	1	2.5	2		0.5			
2	Смещение перигелия планет в специальной теории относительности.	2	2.5	2		0.5			
3	Движение системы Земля-Луна в поле Солнца.	3	2.5	2		0.5			
4	Классический эффект Штарка.	4	2.5	2		0.5			
5	Классический эффект Зеемана.	5	2.5	2		0.5			
6	Анизотропный заряженный осциллятор в однородном магнитном поле.	6	2.5	2		0.5			
7	Колебания при наличии гироскопических сил.	7	2.5	2		0.5			
8	Движение заряженной частицы в неоднородном магнитном поле.	8-9	4.5	4		0.5			
9	Теория возмущений для линейных колебаний.	10	2.5	2		0.5			
10	Модель двух осцилляторов с нелинейной связью.	11	2.5	2		0.5			
11	Два осциллятора с частотами $\omega_y = 2\omega_x$ и малой нелинейной связью вида $\delta U = \alpha x^2 y$ .	12-13	4.5	4		0.5			
12	Классическая модель ЯМР и ЭПР	14	2.5	2		0.5			
13	Зачет		2					2	
	<b>Всего</b>		<b>36</b>	<b>28</b>		<b>6</b>		<b>2</b>	

## 5. Перечень учебной литературы.

### 5.1. Основная литература

1. Сербо В.Г., Черкасский В.С. Избранные главы аналитической механики. — Изд. 2-е, испр. — Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований: Регулярная и хаотическая динамика, 2017. — 66 с.: ил.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. — 4-е изд., испр. — 1988. — 215 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. I).
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. — 7-е изд., испр. — 1988. — 509 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. II).
4. Коткин Г.Л., Сербо В.Г., Черных А.И. Лекции по аналитической механике. — Изд. 2-е, испр. — Москва; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика: Институт компьютерных исследований, 2017. — 234 с.: ил.

## **5.2. Дополнительная литература**

1. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Наука, 1989. — 472 с.: ил.

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

1. Коткин Г.Л., Сербо В.Г. Сборник задач по классической механике. — Изд. 3-е, испр. и доп. — Москва; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001. — 346 с.: ил.
2. Современный курс аналитической механики Кембриджского университета – D. Tong "Classical Dynamics" (доступен по адресу в Интернете <http://www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/dynamics/>).

## **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**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

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

### **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 «Дополнительные главы аналитической механики» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа с возможностью компьютерных демонстраций.

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**

#### ***Текущий контроль***

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции.

#### ***Промежуточная аттестация.***

Для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен зачет в конце семестра. 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.

Освоение компетенции оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-3 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области аналитической механики в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ОПК-3.

Вывод об уровне сформированности компетенции принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда компетенция освоена не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.



**Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Дополнительные главы аналитической механики».**

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ОПК-3.1	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-3.2	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-3.3	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**

**Вопросы к зачету по курсу «Дополнительные главы аналитической механики»**

1. Вектор Лапласа-Рунге-Ленца – дополнительный интеграл движения в кулоновском поле.
2. Кулоновское поле с возмущением вида  $\delta U(r) = \beta/r^n$ ,  $n = 2,3$ .
3. Релятивистские поправки для движения в кулоновском поле.
4. Система Земля-Луна в поле Солнца.
5. Кулоновское поле с возмущением вида  $\delta U(r) = -rF$ .
6. Теорема Лармора.
7. Кулоновское поле и слабое магнитное поле.

8. Кулоновское поле и сильное магнитное поле.
9. Анизотропный заряженный осциллятор в однородном магнитном поле.
10. Движение заряженной частицы в магнитном поле, заданном векторным потенциалом  $A = (0, \hbar x^2, 0)$ .
11. Теория возмущений для линейных колебаний.
12. Модель двух осцилляторов с нелинейной связью.
13. Два осциллятора с частотами  $\omega_y = 2\omega_x$  и малой нелинейной связью вида  $\delta U = \alpha x^2 y$ .
14. Классическая модель ЯМР и ЭПР.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 1), 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 аналитической механики»  
по направлению подготовки 03.03.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

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