

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

---

Программа утверждена решением президиума  
Ученого совета ННГУ  
протокол от «14» декабря 2021г. № 4.

**Рабочая программа дисциплины**

Теоретическая механика

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
03.03.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы  
Фундаментальная физика

---

Форма обучения  
очная

---

Нижний Новгород

2022 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.11.01 «Теоретическая механика» относится к обязательной части ООП направления подготовки 03.03.02 Физика.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
<i>ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;</i>	<i>Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</i>	<i>Знать основные виды уравнений механики (уравнения Ньютона, Лагранжа, Гамильтона) и их взаимосвязь, общие свойства одномерного движения и движения в центральном поле, уравнения движения классической заряженной частице в электромагнитном поле, основные законы сохранения и их связь с симметрией механических систем, связь уравнений движения с принципом наименьшего действия, канонические преобразования, метод Гамильтона-Якоби интегрирования уравнений движения, связь переменных действие-угол и адиабатических инвариантов. Уметь пользоваться законами механики для решения задач о движении материальной точки и систем материальных точек. Владеть навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.</i>	<i>Собеседование и задачи (практические задания)</i>
<i>ОПК-3: Способен использовать</i>	<i>Демонстрация способности использовать современные</i>	<i>Знать основные принципы работы современных</i>	<i>Собеседование и задачи (практические задания)</i>

современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности.	информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	информационных технологий Уметь применять современные информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности. Владеть навыками применения современных информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности	
--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	<b>Очная</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>7</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>252</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>64</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>64</b>
- КСР	<b>3</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>85</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> экзамен, зачёт с оценкой

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	

	очная	Очная	очная	очная	очная	Очная
Тема 1. Обзор основных понятий и законов классической механики	26	8	8	0	16	10
Тема 2. Уравнения Лагранжа	26	8	8	0	16	10
Тема 3. Интегрирование уравнений движения систем с одной степенью свободы	27	8	8	0	16	11
Тема 4. Движение материальной точки в центральном поле и задача двух тел	28	8	8	0	16	12
Тема 5. Уравнения Гамильтона	28	8	8	0	16	12
Тема 6. Метод Гамильтона-Якоби	26	8	8	0	16	10
Тема 7. Интегральные инварианты механики	26	8	8	0	16	10
Тема 8. Динамика твердого тела	26	8	8	0	16	10
Аттестация	36					
КСР	3				3	
Итого	252	64	64	0	131	85

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает:

Разбор решения задач различной степени сложности, проведение обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в соответствующей области знаний. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 8 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

Применение знаний и умений при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности

- компетенций:

ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;  
ОПК-3: Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: занятий семинарского типа, групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	Отлично	превосходно
	не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами,	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без

	ответа	ошибки.	полном объеме.	объеме, но некоторые с недочетами.	недочетами.	выполнены все задания в полном объеме.	недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам табл.2)

### 5.2.1 Контрольные вопросы

<i>Вопрос</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1) Законы сохранения в механике Ньютона.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
2) Теорема о вириале в механике Ньютона.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
3) Связи. Основная задача механики для систем с идеальными голономными связями. Уравнения Лагранжа первого рода.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
4) Принцип Д'Аламбера-Лагранжа. Вывод уравнений Лагранжа для независимых обобщенных координат.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
5) Обобщенно-потенциальные силы. Функция Лагранжа для заряженной частицы в заданном электромагнитном поле.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
6) Законы сохранения обобщенного импульса и обобщенной энергии в механике Лагранжа.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
7) Линейные колебания в Лагранжевых системах. Собственные частоты, нормальные колебания и нормальные координаты систем с несколькими степенями свободы.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
8) Вариационный принцип для уравнений Лагранжа и Гамильтона.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
9) Симметрия механических систем и законы сохранения. Теорема Нетер.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
10) Интегрирование уравнений одномерного движения консервативных систем и при наличии диссипативных сил. Фазовая плоскость.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
11) Периодическое движение в одномерных консервативных системах. Связь периода колебаний с формой потенциала. Возмущение периода колебаний.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
12) Задача двух тел. Интегрирование уравнений движения материальной точки в центральном поле. Виды траекторий.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
13) Траектории частиц в поле с притягивающим и отталкивающим кулоновским потенциалом. Период обращения по замкнутой орбите. Законы Кеплера.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
14) Рассеяние частиц в центральном поле. Рассеяние на малые углы.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
15) Дифференциальное, транспортное и полное сечения рассеяния частиц в центральном поле. Формула Резерфорда.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
16) Уравнения Гамильтона, их вывод из уравнений Лагранжа и из вариационного принципа.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
17) Циклические координаты и законы сохранения в уравнениях Гамильтона. Скобки Пуассона и их свойства.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
18) Канонические преобразования. Производящие функции. Бесконечно малые канонические преобразования.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>
19) Необходимые и достаточные условия канонических преобразований.	<i>ОПК-1, ОПК-3</i>

20) Метод Гамильтона-Якоби интегрирования уравнений движения. Метод разделения переменных.	ОПК-1, ОПК-3
21) Условно-периодическое движение в гамильтоновых системах. Переменные «действие-угол». Вырождение движения. Либрации и вращение.	ОПК-1, ОПК-3
22) Адиабатические инварианты.	ОПК-1, ОПК-3
23) Интегральные инварианты в механике Гамильтона.	ОПК-1, ОПК-3
24) Независимые координаты твердого тела. Функция Лагранжа абсолютно твердого тела с закрепленной точкой.	ОПК-1, ОПК-3
25) Симметричный волчок с закрепленной точкой в поле силы тяжести.	ОПК-1, ОПК-3
26) Уравнения Эйлера. Свободное движение твердого тела.	ОПК-1, ОПК-3

### 5.2.2 Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

#### Типовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1, ОПК-3:

##### Задача 1.1

Частица массой  $m$  и зарядом  $q$  может двигаться в поле силы тяжести по вертикально расположенному закреплённому обручу радиуса  $R$ . В нижней точке обруча закреплена частица, также имеющая заряд  $q$ . Найти устойчивые положения равновесия этой системы и частоты малых колебаний относительно этих положений равновесия.

##### Задача 1.2

Стационарное магнитное поле равно  $\mathbf{B} = B_0 x / L z_0$  в полупространстве  $x > 0$  и нулю вне этого полупространства. На это полупространство со стороны отрицательных  $x$  налетает частица массой  $m$ , зарядом  $q$  и скоростью  $\mathbf{v} = v_0 \mathbf{x}_0$ . Каким будет максимальное значение координаты  $x$  в процессе движения частицы?

##### Задача 1.3

Найти период  $T(E)$  одномерного финитного движения частицы с массой  $m$  и энергией  $E$  в потенциале  $U(x) = -\frac{m\omega^2}{2} \operatorname{ch}^{-2} \alpha x$ .

Для оценки сформированности компетенции ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин:

##### Задача 2.1

Найти сечение падения на центр  $\sigma_f(E)$  частиц, движущихся под действием центрального потенциала  $U(r) = \frac{\alpha}{r^2} - \frac{\beta}{r^5}$  ( $\alpha > 0; \beta > 0$ ).

##### Задача 2.2

Для системы с функцией Лагранжа  $L(q, \dot{q}, t) = t\sqrt{1 + \dot{q}^2}$  составить и решить уравнение движения.

##### Задача 2.3

Для системы с функцией Лагранжа  $L(q_1, q_2, \dot{q}_1, \dot{q}_2) = a\dot{q}_1^2 + (c^2 + b^2 \cos^2 q_1)\dot{q}_2^2 + q_2\dot{q}_2$  составить уравнение Гамильтона-Якоби, найти его полный интеграл и зависимости обобщенных координат  $q_1$  и  $q_2$  от времени в квадратурах.

### Задача 3.1

Спутник движется вокруг Земли по эллиптической траектории с эксцентриситетом  $e$ . Найти отношение максимальной и минимальной угловой скорости движения спутника.

### Задача 3.2

Маятник образован материальной точкой массы  $m$ , подвешенной на нерастяжимой невесомой нити длины  $l$ . Маятник совершает плоские колебания. Как изменится максимальный угол отклонения маятника при адиабатически медленном увеличении длины нити вдвое по закону  $l(t) = l_0(1 + \varepsilon t)$ ,  $0 \leq t \leq 1/\varepsilon$ ? Колебания считать малыми.

### Задача 3.3

На тело, движущееся вертикально в поле силы тяжести, действует сила трения  $f_d = -\mu v$ . На некотором уровне находится горизонтальная поверхность, от которой тело может упруго отражаться. Найти зависимость полной энергии тела от времени, считая силу трения малой.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

а) основная литература:

- 1) Ландау Л. Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т I. Механика. - 5-е изд., стереот. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-9221-0819-5  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108195.html>
- 2) Голдстейн Г. Классическая механика. 2-е изд. М.: Наука, 1975. - 415 с. (76 экз.)
- 3) Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Е.С. Пятницкого. - 3-е изд., - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 264 с. - ISBN 978-5-9221-0067-0  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922100670.html>
- 4) Коткин Г.Л., Сербо В.Г. Сборник задач по классической механике. М.: Наука, 1969 г. - 240 с. (25 экз.)
- 5) Пятницкий Е.С., Трухан Н.М., Ханукаев Ю.И., Яковенко Г.Н. Сборник задач по аналитической механике: Учеб. пособие: Для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 400 с.  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN592210182.html>

б) дополнительная литература:

- 1) Арнольд В.И. Математические методы классической механики. М.: Наука, 1989. - 400 с. (2 экз.)
- 2) Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. М.: Изд-во МГУ, 1974. - 569 с. (17 экз.)
- 3) Айзерман М.А. Классическая механика М.: Наука, 1980. - 367 с. (27 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

- 1) <http://alexandr4784.narod.ru/tf.html>
- 2) <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics.htm>
- 3) <http://www.teor-meh.ru/>

### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО /ОС ННГУ по направлению 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): А.Г. Шалашов

Заведующий кафедрой:

Программа одобрена на заседании методической комиссии ВШОПФ от 30.06.2021, протокол № 3.