

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

Высшая школа общей и прикладной физики

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ

протокол от
« » 20__ г.

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

2021 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.11.01, Теоретическая механика относится к обязательной части ОПОП 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	
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.1: Знания: ОПК-1.2: Умения: ОПК-1.3: Навыки:	ОПК-1.1: 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 частицы 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. ОПК-1.2: Уметь пользоваться законами механики для решения задач о движении материальной точки и систем материальных точек. ОПК-1.3: Владеть навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Собеседование и задачи (практические задания)

ОПК-3: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-3.1: Знания: ОПК-3.2: Умения: ОПК-3.3: Навыки:	ОПК-3.1: Знать основные принципы работы современных информационных технологий ОПК-3.2: Уметь применять современные информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности. ОПК-3.3: Владеть навыками применения современных информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности	Собеседование и задачи (практические задания)
---	--	--	---

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

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

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 понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

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 ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных 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	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания,

	обучающег ося от ответа	грубые ошибки.	все задания но не в полном объеме.	все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	объеме, но некоторые с недочетами.	нными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . Невозможн ость оценить наличие навыков вследствие отказа обучающег ося от ответа	При решении стандартны х задач не продемонст рированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальн ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонст рированы навыки при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонст рирован творческий подход к решению нестандартн ых 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)

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

- 1) Законы сохранения в механике Ньютона.
- 2) Теорема о вириале в механике Ньютона.
- 3) Связи. Основная задача механики для систем с идеальными голономными связями. Уравнения Лагранжа первого рода.
- 4) Принцип Д'Аламбера-Лагранжа. Вывод уравнений Лагранжа для независимых обобщенных координат.
- 5) Обобщенно-потенциальные силы. Функция Лагранжа для заряженной частицы в заданном электромагнитном поле.
- 6) Законы сохранения обобщенного импульса и обобщенной энергии в механике Лагранжа.
- 7) Линейные колебания в Лагранжевых системах. Собственные частоты, нормальные колебания и нормальные координаты систем с несколькими степенями свободы.
- 8) Вариационный принцип для уравнений Лагранжа и Гамильтона.
- 9) Симметрия механических систем и законы сохранения. Теорема Нетер.
- 10) Интегрирование уравнений одномерного движения консервативных систем и при наличии диссипативных сил. Фазовая плоскость.
- 11) Периодическое движение в одномерных консервативных системах. Связь периода колебаний с формой потенциала. Возмущение периода колебаний.
- 12) Задача двух тел. Интегрирование уравнений движения материальной точки в центральном поле. Виды траекторий.
- 13) Траектории частиц в поле с притягивающим и отталкивающим кулоновским потенциалом. Период обращения по замкнутой орбите. Законы Кеплера.
- 14) Рассеяние частиц в центральном поле. Рассеяние на малые углы.
- 15) Дифференциальное, транспортное и полное сечения рассеяния частиц в центральном поле. Формула Резерфорда.
- 16) Уравнения Гамильтона, их вывод из уравнений Лагранжа и из вариационного принципа.
- 17) Циклические координаты и законы сохранения в уравнениях Гамильтона. Скобки Пуассона и их свойства.
- 18) Канонические преобразования. Производящие функции. Бесконечно малые канонические преобразования.
- 19) Необходимые и достаточные условия канонических преобразований.
- 20) Метод Гамильтона-Якоби интегрирования уравнений движения. Метод разделения переменных.
- 21) Условно-периодическое движение в гамильтоновых системах. Переменные «действие-угол». Вырождение движения. Либрации и вращение.
- 22) Адиабатические инварианты.
- 23) Интегральные инварианты в механике Гамильтона.
- 24) Независимые координаты твердого тела. Функция Лагранжа абсолютно твердого тела с закрепленной точкой.
- 25) Симметричный волчок с закрепленной точкой в поле силы тяжести.

26) Уравнения Эйлера. Свободное движение твердого тела.

Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

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 $\mathbf{B} = B_0 x / L \mathbf{z}_0$ в полупространстве $x > 0$ и ноль 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 обобщённых 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 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.