

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

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.08.01 «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	
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	Знать законы классической механики; описание движения тел в модели материальной точки; принцип относительности Галилея; законы сохранения в механике. Уметь применять законы классической механики для анализа движения различных физических систем (материальной точки, системы материальных точек, абсолютно твёрдого тела); пользоваться для анализа механического движения различными (в том числе неинерциальными) системами отсчета; анализировать колебательные процессы в механических системах. Владеть навыками решения задач, основываясь на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях и умениях.	Собеседование и задачи (практические задания)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	5

Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	52
- КСР	2
самостоятельная работа	58
Промежуточная аттестация	36 экзамен

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				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
		очная	очная	очная	очная	
Тема 1. Кинематика материальной точки	26	6	10		16	10
Тема 2. Динамика материальной точки	28	6	10		16	12
Тема 3. Динамика твёрдого тела	28	6	10		16	12
Тема 4. Движение в неинерциальных системах отсчета	28	6	10		16	12
Тема 5. Колебательное движение	32	8	12		20	12
Аттестация	36					
КСР	2				2	
Итого	180	32	52	0	86	58

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 4 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

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	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	грубые ошибки.	ошибки.	несколько негрубых ошибок	несколько несущественных ошибок	ошибок.	
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	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»

Зачтено	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

Вопрос	Код формируемой компетенции
Система отсчёта. Траектория, перемещение, скорость, ускорение. Годограф скорости.	ОПК-1
Равномерное движение: перемещение, скорость, ускорение. Ускорение (тангенциальное и нормальное) в общем случае.	ОПК-1
Вращательное движение. Угловые перемещение, скорость, ускорение. Ускорение при произвольном движении.	ОПК-1
Свободно движущееся тело. Инерциальные системы отсчёта. Первый закон механики.	ОПК-1
Принцип относительности Галилея. Закон преобразования скоростей (Галилея).	ОПК-1
Замкнутые системы. Импульс. Закон сохранения импульса. Инертная масса.	ОПК-1
Реактивное движение.	ОПК-1
Силы. Уравнение движения материальной точки (второй закон механики). Третий закон механики. Система материальных точек (внешние и внутренние силы; уравнение движения).	ОПК-1
Механическая работа. Кинетическая энергия.	ОПК-1
Центр инерции. Система центра инерции. Теорема Кёнига.	ОПК-1
Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия.	ОПК-1
Закон сохранения механической энергии. Эквипотенциальные	ОПК-1

поверхности.	
Свойства потенциальных силовых полей. Примеры потенциальных сил. Диссипативные силы. Гироскопические силы.	ОПК-1
Одномерное движение.	ОПК-1
Столкновения частиц.	ОПК-1
Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Уравнение моментов.	ОПК-1
Движение в поле центральных сил. Задача двух тел.	ОПК-1
Движение в гравитационном поле.	ОПК-1
Способы описания движения твёрдого тела. Кинематические характеристики движения твёрдого тела.	ОПК-1
Момент импульса твёрдого тела. Тензор инерции. Свободное вращение твёрдого тела (шаровой волчок, линейный ротатор, симметричный волчок).	ОПК-1
Кинетическая энергия твёрдого тела. Теорема Штейнера.	ОПК-1
Уравнения движения твёрдого тела.	ОПК-1
Уравнения Эйлера (вывод и решение в простейших случаях).	ОПК-1
Свободное вращение твёрдого тела (общий случай): интегралы движения; устойчивость вращения относительно главных осей.	ОПК-1
Гироскопы: гироскопические силы (карданов подвес с двумя и тремя степенями свободы; примеры).	ОПК-1
Гироскопы: симметричный волчок в гравитационном поле. Примеры.	ОПК-1
Уравнение движения в неинерциальной системе отсчета. Силы инерции.	ОПК-1
Система отсчёта, связанная с Землёй. Эффекты, связанные с суточным вращением Земли.	ОПК-1
Система отсчёта, связанная с Землёй. Приливы.	ОПК-1
Законы сохранения в неинерциальных системах отсчёта.	ОПК-1
Общий принцип относительности Эйнштейна, принцип эквивалентности и их следствия.	ОПК-1
Гармонические колебания (определение и основные характеристики; закон сохранения энергии; обобщённые координаты и скорости; фазовый портрет; примеры).	ОПК-1
Физический маятник (малые колебания, их период, приведённая длина маятника, теорема Гюйгенса).	ОПК-1

Физический маятник (произвольные колебания, их качественный анализ).	ОПК-1
Затухающие свободные колебания (определение и основные характеристики; фазовый портрет; примеры).	ОПК-1
Линейный осциллятор под действием гармонической внешней силы: характеристики стационарных колебаний, резонанс в консервативной системе, влияние диссипации.	ОПК-1
Линейный осциллятор под действием гармонической внешней силы: зависимость от начальных условий, режимы установления колебаний, биения.	ОПК-1
Адиабатические инварианты.	ОПК-1

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

Типовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Задача 1.1. Какую работу необходимо совершить, чтобы втащить волоком тело с массой m на горку с длиной основания L и высотой H , если коэффициент трения между телом и поверхностью горки равен k ? Угол наклона поверхности горки к горизонту может меняться вдоль горки, но его знак остаётся постоянным.

Задача 1.2. Кусок однородного каната висит вертикально, касаясь нижним концом горизонтального стола. Показать, что если верхний конец каната освободить, то в любой момент падения каната его сила давления на стол будет в три раза больше веса части каната, уже лежащей на столе.

Задача 1.3. Найти зависимости от времени ускорения и скорости тележки, движущейся под действием постоянной горизонтальной силы f , если на тележке лежит песок, который высыпается через отверстие в платформе тележки. За одну секунду высыпается масса μ песка, в начальный момент тележка покоится, суммарная масса песка и тележки равна m .

Задача 1.4. Определить потенциальную энергию тела (материальной точки), находящегося в воображаемой вертикальной шахте, проходящей через центр Земли. Массу Земли считать равномерно распределённой по всему объёму земного шара.

Задача 1.5. Космический корабль, движущийся в пространстве, свободном от поля тяготения, должен изменить направление своего движения на противоположное, сохранив скорость по величине. Для этого предлагаются два способа: 1) сначала затормозить корабль, а затем разогнать его до прежней скорости; 2) заставить корабль двигаться по дуге спирали, сообщая ему ускорение строго в поперечном направлении. В каком из этих двух способов потребуется меньшая затрата топлива? Скорость истечения газов относительно корабля считать постоянной и одинаковой в обоих случаях.

Задача 1.6. Найти поступательное ускорение шара, скатывающегося с наклонной плоскости без проскальзывания. Угол наклона плоскости к горизонту равен α . Показать, что найденное ускорение не зависит от радиуса шара. Сравнить найденное ускорение со случаем соскальзывания шара по гладкой плоскости с тем же углом наклона.

Задача 2.1. Определить долю энергии, теряемую частицей с массой m_1 при лобовом упругом столкновении с неподвижной частицей с массой m_2 . При каком отношении масс m_1/m_2 потеря энергии максимальна? Используя полученные результаты, объяснить, почему в ядерных

реакциях для замедления нейтронов используется их рассеяние на ядрах лёгких (дейтерий, углерод), а не тяжёлых атомов.

Задача 2.2. Каков максимальный угол рассеяния альфа-частицы и дейтрона при упругом столкновении с протоном.

Задача 2.3. Определить коэффициент полезного действия ракеты, т. е. отношение кинетической энергии K , приобретённой ракетой, к энергии Q сгоревшего топлива. Скорость, достигнутая ракетой, $v = 9$ км/с. Теплота сгорания топлива $q = 4000$ ккал/кг, скорость выбрасываемых продуктов сгорания относительно ракеты $u = 3$ км/с.

Задача 2.4. Величина трения между осью и смазанным подшипником в основном определяется движением и внутренним трением жидкости в смазывающем слое. В гидродинамической теории смазки Н. П. Петрова даётся следующее выражение для момента сил трения, действующего на единицу длины вращающейся оси:

$$M = 2\pi\mu a^2\omega/\delta,$$

где μ — вязкость смазывающей жидкости, a — радиус оси, ω — её угловая скорость и δ — толщина слоя смазки. Пользуясь этим выражением, найти зависимость от времени угловой скорости вращения ротора, ось которого укреплен в подшипниках; другие внешние моменты сил на ротор не действуют.

Задача 2.5. Автомобиль с шириной колеи $2b$ и высотой h центра массы над землёй проходит горизонтальное закругление дороги радиуса R . 1) Показать, что при скорости автомобиля $v > (bRg/h)^{1/2}$ он опрокинется, если не возникнет скольжения колёс в направлении, перпендикулярном к движению автомобиля (g — ускорение свободного падения). 2) Предполагая, что скорость автомобиля достаточна для того, чтобы он мог опрокинуться, найти, при каком минимальном значении коэффициента трения k между колёсами автомобиля и покрытием дороги это может произойти.

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

а) основная литература:

1. Общий курс физики. Т. I. Механика. [Электронный ресурс]: Учеб. пособие: Для вузов. / Сивухин Д. В. - 4-е изд., стереот. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922102257.html>
2. Хайкин С. Э. Физические основы механики: 2-е изд., исп. и доп. М.: Наука, 1971. -751 с. – 98 экз.
3. Стрелков С. П. Механика: 4-е изд. М.Наука , 1975. -560 с. – 130 экз.
4. Иродов И. Е. Задачи по общей физике. М.: Лань, 2003. -416 с. -101 экз.
5. Стрелков С. П., Сивухин Д. В., Угаров В. А., Яковлев И. А. Сборник задач по общему курсу физики. Механика. М., 1977. -288 с. -245 экз.

б) дополнительная литература:

1. Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е. М. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика: 2-е изд, испр. М., 1969. -399 с. -12 экз.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 1. Механика. Молекулярная физика.

[Электронный ресурс] — СПб.: Лань, 2016. — 436 с. — Режим доступа:
<http://e.lanbook.com/book/71760>

3. Сборник индивидуальных заданий по физике. Механика. Динамика материальной точки / Кочетов А. В. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 1999. 44 с. (Деканат ВШОПФ) – 30 экз.
4. Сборник индивидуальных заданий по физике. Механика. Тяготение и реактивное движение / Миронов В. А. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 1998. 28 с. (Деканат ВШОПФ) – 30 экз.
5. Сборник индивидуальных заданий по физике. Механика. Динамика твёрдого тела / Кочетов А. В., Миронов В. А. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 1999. 48 с. (Деканат ВШОПФ) – 30 экз.

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

- 1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/lectures.htm>
- 2) Видеодемонстрации по механике
<http://учебныефильмы.рф/VideoMec.htm>

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. М. Фейгин, А. В. Кочетов, С. А. Корягин

Заведующий кафедрой:

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