

**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

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.08.01, 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 законы классической механики; описание движения тел в модели материальной точки; принцип относительности Галилея; законы сохранения в механике. ОПК-1.2: 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. ОПК-1.3: 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	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	42
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	очная	очная
Тема 1. Кинематика материальной точки	20	6	6		12	8
Тема 2. Динамика материальной точки	20	6	6		12	8
Тема 3. Динамика твёрдого тела	20	6	6		12	8
Тема 4. Движение в неинерциальных системах отсчета	20	6	6		12	8
Тема 5. Колебательное движение	26	8	8		16	10
Аттестация	36					
КСР	2				2	
Итого	144	32	32	0	66	42

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 теоретическ	Уровень знаний ниже	Минимально допустимый	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,

	ого материала. Невозможн ость оценить полноту знаний вследствие отказа обучающег ося от ответа	минимальн ых требований. Имели место грубые ошибки.	уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	соответствую щем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	соответствую щем программе подготовки. Допущено несколько несущественн ых ошибок	соответству ющем программе подготовки, без ошибок.	превышаю щем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальн ых умений . Невозможн ость оценить наличие умений вследствие отказа обучающег ося от ответа	При решении стандартны х задач не продемонст рированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонст рированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонст рированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несуществе нными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонст рированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, 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
	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим

зачтено		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. Система отсчёта. Траектория, перемещение, скорость, ускорение. Годограф скорости.
2. Равномерное движение: перемещение, скорость, ускорение. Ускорение (тангенциальное и нормальное) в общем случае.
3. Вращательное движение. Угловые перемещение, скорость, ускорение. Ускорение при произвольном движении.
4. Свободно движущееся тело. Инерциальные системы отсчёта. Первый закон механики.
5. Принцип относительности Галилея. Закон преобразования скоростей (Галилея).
6. Замкнутые системы. Импульс. Закон сохранения импульса. Инертная масса.
7. Реактивное движение.
8. Силы. Уравнение движения материальной точки (второй закон механики). Третий закон механики. Система материальных точек (внешние и внутренние силы; уравнение движения).
9. Механическая работа. Кинетическая энергия.
10. Центр инерции. Система центра инерции. Теорема Кёнига.
11. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия.
12. Закон сохранения механической энергии. Экипотенциальные поверхности.

13. Свойства потенциальных силовых полей. Примеры потенциальных сил. Диссипативные силы. Гироскопические силы.
14. Одномерное движение.
15. Столкновения частиц.
16. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Уравнение моментов.
17. Движение в поле центральных сил. Задача двух тел.
18. Движение в гравитационном поле.
19. Способы описания движения твёрдого тела. Кинематические характеристики движения твёрдого тела.
20. Момент импульса твёрдого тела. Тензор инерции. Свободное вращение твёрдого тела (шаровой волчок, линейный ротатор, симметричный волчок).
21. Кинетическая энергия твёрдого тела. Теорема Штейнера.
22. Уравнения движения твёрдого тела.
23. Уравнения Эйлера (вывод и решение в простейших случаях).
24. Свободное вращение твёрдого тела (общий случай): интегралы движения; устойчивость вращения относительно главных осей.
25. Гироскопы: гироскопические силы (карданов подвес с двумя и тремя степенями свободы; примеры).
26. Гироскопы: симметричный волчок в гравитационном поле. Примеры.
27. Уравнение движения в неинерциальной системе отсчёта. Силы инерции.
28. Система отсчёта, связанная с Землёй. Эффекты, связанные с суточным вращением Земли.
29. Система отсчёта, связанная с Землёй. Приливы.
30. Законы сохранения в неинерциальных системах отсчёта.
31. Общий принцип относительности Эйнштейна, принцип эквивалентности и их следствия.
32. Гармонические колебания (определение и основные характеристики; закон сохранения энергии; обобщённые координаты и скорости; фазовый портрет; примеры).
33. Физический маятник (малые колебания, их период, приведённая длина маятника, теорема Гюйгенса).
34. Физический маятник (произвольные колебания, их качественный анализ).
35. Затухающие свободные колебания (определение и основные характеристики; фазовый портрет; примеры).
36. Линейный осциллятор под действием гармонической внешней силы: характеристики стационарных колебаний, резонанс в консервативной системе, влияние диссипации.
37. Линейный осциллятор под действием гармонической внешней силы: зависимость от начальных условий, режимы установления колебаний, биения.
38. Адиабатические инварианты.

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

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 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.