

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теоретическая механика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Медицинская физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.11.01 Теоретическая механика относится к обязательной части образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ИД ОПК-1: Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ИД ОПК-1: Обучающийся имеет базовые знания и способен применять их в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	Индивидуальное устное собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	48
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	26
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 разделов и тем дисциплины	Всего	в том числе
--	-------	-------------

	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О
Тема 1. Уравнения движения. Взаимодействия в природе. Механическое движение. Система отсчета. Силы. Законы Ньютона. Законы сохранения в ньютоновской механике. Прямая и обратная задачи механики. Пределы применимости классической механики. Функция Лагранжа системы материальных точек в декартовых координатах. Обобщенные координаты и скорости. Функция Лагранжа в обобщенных координатах. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа. Обобщенный импульс. Свойства ковариантности уравнений Лагранжа. Свойства функции Лагранжа. Функция Лагранжа незамкнутой системы.	14	6	4	10	4
Тема 2. Законы сохранения. Интегралы движения механических систем. Интегралы движения, связанные с симметрией пространства: механическая энергия, импульс, момент импульса. Законы преобразования интегралов движения (механическая энергия, импульс, момент импульса) при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой инерциальной системе отсчета. Центр инерции. Формулировка и смысл теоремы Нётер.	12	6	4	10	2
Тема 3. Интегрирование уравнений движения. Принцип относительности Галилея. Обратимость механического движения. Механическое подобие. Теорема о средних энергиях (теорема вириала). Одномерное движение. Движение вблизи точки поворота. Период колебаний для финитного движения, его зависимость от полной механической энергии.	14	6	4	10	4
Тема 4. Распады и столкновения частиц. Задача о движении двух тел. Приведенная масса. Центральные силовые поля. Эффективная потенциальная энергия. Падение частиц на центр поля. Движение в кулоновском поле. Законы Кеплера. Интегрирование уравнений движения в центральном поле. Траектория частицы, свойства траектории. Самопроизвольный распад частиц. Рассеяние частиц на неподвижном силовом центре. Дифференциальное эффективное сечение рассеяния. Рассеяние в кулоновском поле. Формула Резерфорда.	8	4	2	6	2
Тема 5. Малые колебания. Линейные колебания систем с одной степенью свободы: свободные, вынужденные, колебания при наличии сил вязкого трения. Элементы теории ангармонических колебаний системы с одной степенью свободы. Понятие о параметрическом резонансе. Лагранжиан системы с несколькими степенями свободы в линейной теории колебаний. Классификация состояний равновесия системы. Уравнения движения в режиме малых колебаний и их решение. Собственные частоты. Нормальные колебания и нормальные координаты. Функция Лагранжа многомерной колебательной системы в нормальных координатах. Вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы. Колебания линейных цепочек: линейные и нелинейные. Комбинационные частоты.	14	6	4	10	4
Тема 6. Движение твердого тела. Кинематика твёрдого тела. Мгновенная ось вращения. Кинетическая энергия твердого тела. Тензор инерции. Момент импульса твёрдого тела. Функция Лагранжа и уравнения движения твёрдого тела. Функция Лагранжа и уравнения движения материальной точки в неинерциальной системе отсчета. Силы инерции. Законы преобразования импульса, момента импульса и механической энергии при переходе от инерциальной системы отсчета к равномерно вращающейся.	14	6	4	10	4
Тема 7. Канонические уравнения. Функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Интегралы движения в гамильтоновской	12	6	4	10	2

механике. Скобки Пуассона и их свойства. Действие механической системы как функция координат и времени. Уравнение Гамильтона-Якоби. Фазовое пространство и фазовые траектории. Теорема Лиувилля. Адиабатические инварианты.					
Тема 8. Специальная теория относительности. Релятивистская кинематика. Принцип относительности Эйнштейна. 4-интервал, его инвариантность при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Классификация событий: времени- и пространственноподобные интервалы. Преобразования Лоренца. Лоренцево сокращение длины. Лоренцево замедление. Собственное время. Релятивистское сложение скоростей. 4-векторы, 4-тензоры.	12	6	4	10	2
Тема 9. Релятивистская динамика. Принцип наименьшего действия для свободной частицы в релятивистской механике. Функции Лагранжа и Гамильтона свободной релятивистской частицы. Энергия и импульс релятивистской частицы. Четырехмерная форма релятивистской механики. 4-скорость, 4-ускорение, 4-сила. Законы сохранения энергии и импульса в четырехмерном виде. Столкновения релятивистских частиц.	6	2	2	4	2
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	48	32	82	26

Содержание разделов и тем дисциплины

Ньютонова форма механики.

Лагранжева механика материальной точки: принцип Гамильтона, одномерное движение, законы сохранения.

Колебания механических систем: одномерные линейные и нелинейные колебания, колебания при наличии вязкого трения, нормальные колебания.

Кинематика и динамика твердого тела. Свободное вращения асимметрического волчка.

Гамильтонова форма механики: канонические уравнения Гамильтона, канонические преобразования, теорема Лиувилля.

Специальная теория относительности. Релятивистская механика: распады и столкновения релятивистских частиц, эффект Комптона.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

А.А. Перов, А.В. Тележников, Д.В. Хомицкий, Сборник задач по теоретической механике: учебно-методическое пособие, Н.Новгород, изд-во ННГУ, 2017, 78 с. Открытый доступ: http://www.unn.ru/books/met_files/TeorMex_Perov.rtf.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Доказать, что законом сохранения энергии-импульса запрещена аннигиляция электрон-позитронной пары с испусканием одного фотона.
2. Почему в кулоновском поле притяжения траектории финитного движения частицы всегда замкнуты?
3. Рассчитать свободное вращение асимметрического волчка.

Критерии оценивания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<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	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 отдельным и	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без

			задания, но не в полном объеме	все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	объеме, но некоторые с недочетами	несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 оценивания 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».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. При заданной функции Лагранжа системы рассчитать функцию Гамильтона.
2. При заданной функции Гамильтона системы рассчитать функцию Лагранжа.

3. Определить частоту малых качаний стержня по цилиндрической поверхности в поле силы тяжести.
4. Найти интегралы движения частицы в постоянном однородном магнитном поле при заданном векторном потенциале.
5. Рассчитать релятивистское циклотронное вращение заряженной частицы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	
отлично	
очень хорошо	
хорошо	
удовлетворительно	
неудовлетворительно	
плохо	

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

Основная литература:

1. Теоретическая физика. Том I. Механика / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. - Москва : Физматлит, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=639819&idb=0>.
2. Теоретическая физика. Теория упругости / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. - Москва : Физматлит, 2007., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=634780&idb=0>.
3. Перов Анатолий Александрович. Сборник задач по теоретической механике : учебно-методическое пособие / А. А. Перов, А. В. Тележников, Д. В. Хомицкий ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 79 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=823511&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Ольховский И. И. Курс теоретической механики для физиков : [учеб. для вузов по специальности "Физика"]. - 3-е изд., доп. и перераб. - М. : Изд-во МГУ, 1978. - 574 с. : ил. - 1.30., 1 экз.

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Перов Анатолий Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Бурдов Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № б/н.