

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 23.09.2022 12:50:53  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Б.Б.Педько



«28»

июня

2022 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Теоретическая механика**

Направление подготовки

03.03.02 Физика

профиль

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

2,3 курса, очной формы обучения

Составитель: д.ф.-м.н., доцент П.В. Комаров

Тверь, 2022

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

*Целью* освоения дисциплины является формирование и развитие у обучающихся компетенций, требующих применения фундаментальных знаний в области аналитической механики для применения к физическим явлениям, обладающих волновой или колебательной природой.

*Задачами* освоения дисциплины являются: изучение и освоение основных подходов к теоретическому описанию движения тел в пространстве с течением временем с учетом причин, вызывающих это движение. Отдельно производится изучение раздела, посвященного колебательному движению тел, а также силовых взаимодействий в таких системах. Кроме того, производится развитие навыков уметь применять методы теоретической механики при решении практических задач.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Теоретическая механика» изучается в модуле Теоретическая физика Блока 1. Дисциплины обязательной части учебного плана ООП.

Содержательно она закладывает основы знаний для освоения таких дисциплин как: «Квантовая механика», «Термодинамика и статистическая физика», «Численные методы в физике низкоразмерных систем», «Экспериментальные и теоретические методы в физике конденсированного состояния», «Физические основы нанотехнологии», учебной, производственной и научно-исследовательской практиками, в процессе которых формируются навыки преподавания, научно-исследовательской и инженерной деятельности. Учебная дисциплина непосредственно связана с дисциплинами «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Математический анализ».

**3. Объем дисциплины:** 7 зачетных единиц, 252 академических часа, в том числе:

*контактная аудиторная работа:* лекции 68 часов, практические занятия 32 часа;

*самостоятельная работа:* 152 часа, в том числе контроль 27 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.2. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи; УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Анализирует физические объекты и процессы с применением базовых знаний в области физико-математических наук; ОПК-1.2. Применяет знания в области физико-математических наук при решении практических задач в сфере профессиональной деятельности.
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-2.2. Решает теоретические задачи и проводит моделирование физических объектов, систем и процессов в рамках научного исследования.

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения**

Зачет в 4 семестре, экзамен в 5 семестре.

**6. Язык преподавания:** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

**1. Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции		Практические занятия		
		всего	в т.ч. ПП	всего	в т.ч. ПП	
<p><b>1. Основные понятия теоретической механики.</b> Предмет механики и ее место среди естественных наук. Основные этапы развития механики. Математический аппарат классической механики. Роль конкретных проблем в развитии механики. Основные понятия, определения и аксиомы классической механики. Механические модели материальных объектов: материальная точка, твердое тело, сплошная среда. Пространство и время в классической механике.</p>	6	2		2		2
<p><b>2. Кинематика материальной точки и твердого тела.</b> Способы задания движения точки и твердого тела. Радиус вектор. Скорость и ускорение точки. Обобщенные (криволинейные координаты). Число степеней свободы положения. Задание движения точки в обобщенных координатах. Движение точки в естественной системе координат. Скорость и ускорение в произвольной системе координат. Прямолинейное и вращательное движение точки. Общие вопросы кинематики и простейшие случаи движения твердого тела. Поступательное движение. Вращение вокруг неподвижной оси. Плоское движение. Векторно-геометрический метод. Ускорение точек в плоском движении. Движение тела относительно неподвижной точки и общий случай</p>	19	6		4		9

<p>движения твердого тела. Задание движения тела с неподвижной точкой, углы Эйлера. Оператор вращения. Геометрическая интерпретация. Проекция мгновенной угловой скорости. Скорости и ускорения точек твердого тела в общем случае его движения. Сложное движение точки. Определения, относительная производная. Сложение скоростей. Сложение ускорений.</p>					
<p><b>3.Динамика материальной точки и механической системы. Ньютонов формализм.</b> Трактовка понятий массы и силы. Примеры сил: тяжести, упругости, сопротивления среды, трения скольжения и качения, сила Лоренца. Силы параллельные и антипараллельные. Инерциальные системы отсчета. Законы Ньютона. Дифференциальное уравнение движения материальной точки. Математические задачи динамики. Момент силы относительно точки и оси. Условия равновесия сил. Инвариантность уравнений движения относительно сдвига, вращения и преобразований Галилея. Первые интегралы движения механических систем. Теорема изменения и сохранения количества движения. Теорема изменения и сохранения момента количества движения. Кинетический момент относительно неподвижной точки и уравнение его изменения. Теорема изменения кинетической энергии. Работа силы и изменение кинетической энергии материальной точки. Условия консервативности силового поля. Полная энергия механической системы. Теорема изменения и сохранения полной энергии. Движение относительно неинерциальных систем отсчета Движение относительно поступательно движущейся НСО. Движение во вращающейся СО. Центробежная сила. Сила Кориолиса. Динамика точки и системы с переменными массами. Уравнение Мещерского. Теоремы изменения количества движения и кинетического момента системы переменной массы.</p>	50	14		6	30

Задачи Циолковского.					
<p><b>4. Движение материальной точки в центральном поле. Задача 2х тел.</b>  Метод эффективного потенциала.  Уравнение <math>E = U_{\text{эфф}}</math>. Исследование траекторий (орбит) движения. Финитные и инфинитные траектории. Замкнутость траекторий движения при финитном движении. Падение на центр. Теорема вириала, общая формулировка. Случай силы <math>f(r) = kr</math> и <math>f(r) = -a/r</math>. Интегралы движения и формальное интегрирование уравнений движения. Уравнение орбиты в полярной системе координат в виде квадратуры. Уравнение орбиты - коническое сечение. 1-ый и 3-ий законы Кеплера. Сведение задачи 2-х тел к эквивалентной задаче для одного тела. Приведенная масса. Общее решение задачи двух тел. Движение центра масс. Упругое рассеяние двух частиц. Диаграмма скоростей. Дифференциальное поперечное сечение рассеяния. Формула Резерфорда.</p>	18	6		2	10
<p><b>5. Динамика твердого тела.</b> Углы Эйлера. Угловая скорость и угловое ускорение твердого тела. Распределение скоростей и ускорений в твердом теле. Сложное движение точки и твердого тела. Формулы сложения скоростей и ускорений. Сложение угловых скоростей. Условия равновесия твердого тела. Приведение системы сил, приложенных к твердому телу. Динамика твердого тела. Импульс, момент импульса, кинетическая энергия твердого тела. Тензор инерции. Представление кинетического момента твердого тела через составляющие тензора инерции. Главные оси инерции. Эллипсоид инерции. Уравнения вращательного движения тела. Уравнения Эйлера. Уравнения движения тела с полюсом в любой точке тела. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Приближенная теория гироскопов. Задача Эйлера вращательного движения тела в поле силы тяжести. Определение проекций</p>	18	6		2	10

угловой скорости. Определение углового положения. Геометрическая интерпретация движения по Пуансо. Стационарные вращения относительно главных осей.						
<p><b>6. Динамика несвободных механических систем. Лагранжев формализм.</b> Соображения подобия и размерностей в механике. Две трудности механики Ньютона. Свободная и несвободная механические системы. Связи и их классификация. Число степеней свободы движения. Реакции связей. Обобщенные координаты и число степеней свободы. Преобразование перехода от декартовых к обобщенным координатам. Действительное, возможное и виртуальное перемещения. Принцип виртуальных перемещений. Идеальные голономные связи. Равенство нулю обобщенных сил - условие равновесия. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Уравнение Лагранжа 1-го рода. Принцип Даламбера и сила Даламбера. Работа сил реакции связей. Принцип Даламбера в обобщенных координатах. Условие идеальности связей. Вывод уравнений Лагранжа 2-го рода из принципа Даламбера. Обобщенная сила. Функция Лагранжа и обобщенный импульс. Структура кинетической энергии в обобщенных координатах. Идеальные голономные связи и структура потенциальной энергии. Обобщенно диссипативные силы (сила Лоренца). Диссипативная функция Релея. Примеры получения уравнений Лагранжа. Преимущества уравнений Лагранжа. Кинетическая энергия – квадратичная форма по обобщенным скоростям. Примеры получения уравнений: Материальная точка в декартовой и полярной системе координат. Свойства симметрии механических систем и законы сохранения. Первые интегралы уравнений движения, сохранение обобщенного импульса. Циклические координаты и законы сохранения. Функция Лагранжа в неинерциальных</p>	28	8		4		16

системах отсчета.						
<p><b>7. Движение вблизи положения равновесия. Основы теории колебаний.</b> Равновесие консервативной механической системы. Устойчивое и неустойчивое равновесие. Достаточный признак устойчивости положения равновесия. Теорема Лагранжа об устойчивости равновесия. Малые одномерные колебания. Линеаризация уравнений движения колебательной системы. Движение механической системы с одной степенью свободы в консервативном поле при наличии диссипативных сил. Затухающие колебания. Фазовый портрет. Средняя энергия системы совершающей вынужденные малые колебания. Вынужденные колебания при наличии периодического возбуждения. Резонанс. Биения. Колебания со многими степенями свободы. Характеристическое уравнений, общее решение задачи о колебаниях. Нормальные координаты и собственные колебания. Случай кратных корней и нулевой частоты. Колебания в присутствии диссипативных сил. Примеры: а) плоский маятник на пружине, б) двойной маятник.</p>	28	8		4		16
<p><b>8. Канонические уравнения механики. Гамильтонов формализм.</b> Вывод уравнений Гамильтона с помощью преобразований Лежандра. Функция Гамильтона и ее свойства. Полная энергия и обобщенная энергия. Законы сохранения в механике Гамильтона. Метод Якоби интегрирования уравнений Гамильтона. Скобки Пуассона и их свойства. Уравнения Гамильтона в виде скобок Пуассона. Теорема Пуассона о первых интегралах. Циклические координаты и отвечающие им интегралы. Обобщенные канонические системы. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема ансамбля механических систем. Теорема Нетер. Связь законов сохранения со свойствами пространства времени. Канонические преобразования. Производящая функция. Канонические</p>	28	8		4		16



преобразования. Типы производящих функций и вид индуцированных им канонических преобразований, примеры канонических преобразований. Канонически сопряженные переменные. Конфигурационное и Уравнение Гамильтона-Якоби. Вывод уравнения. Метод Якоби интегрирования канонических уравнений. Теорема Якоби. Метод разделения переменных.						
<b>9. Дифференциальные и интегральные принципы механики.</b> Дифференциальные принципы. Вариации скоростей и независимость точечных вариаций канонических переменных. Основной дифференциальный принцип механики. Варьирование по Гауссу. Уравнения Гаусса и Аппеля. Действие. Интегральные принципы. Вариация функционала действия. Принцип Гамильтона-Остроградского Экстремальность действия по Гамильтону в фазовом пространстве. Принцип Якоби. Траектория движения консервативной системы как геодезические метрики Якоби. Вывод уравнения Лагранжа из вариационного принципа Гамильтона (принципа наименьшего действия). Экстремум функционала действия. Уравнения Лагранжа-Эйлера. Ковариантность и неопределенность в задании лагранжиана. Действие как производящая функция канонического преобразования. Интегральный инвариант Пуанкаре-Картана. Адиабатические инварианты.	30	10		4		16
<b>ЭКЗАМЕН</b>	27					27
<b>ИТОГО</b>	252	68		32		152

### III. Образовательные технологии

Учебная программа-наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
<b>1. Основные понятия теоретической механики.</b> Предмет механики и ее место среди естественных наук. Основные этапы развития механики. Математический аппарат классической механики.	Лекции, практические занятия.	Активное слушание. Групповое решение задач. Дистанционные образовательные технологии.

<p>Роль конкретных проблем в развитии механики. Основные понятия, определения и аксиомы классической механики. Механические модели материальных объектов: материальная точка, твердое тело, сплошная среда. Пространство и время в классической механике.</p>		
<p><b>2. Кинематика материальной точки и твердого тела.</b> Способы задания движения точки и твердого тела. Радиус вектор. Скорость и ускорение точки. Обобщенные (криволинейные координаты). Число степеней свободы положения. Задание движения точки в обобщенных координатах. Движение точки в естественной системе координат. Скорость и ускорение в произвольной системе координат. Прямолинейное и вращательное движение точки. Общие вопросы кинематики и простейшие случаи движения твердого тела. Поступательное движение. Вращение вокруг неподвижной оси. Плоское движение. Векторно-геометрический метод. Ускорение точек в плоском движении. Движение тела относительно неподвижной точки и общий случай движения твердого тела. Задание движения тела с неподвижной точкой, углы Эйлера. Оператор вращения. Геометрическая интерпретация. Проекция мгновенной угловой скорости. Скорости и ускорения точек твердого тела в общем случае его движения. Сложное движение точки. Определения, относительная производная. Сложение скоростей. Сложение ускорений.</p>	<p>Лекции, практические занятия.</p>	<p>Активное слушание. Групповое решение задач. Дистанционные образовательные технологии.</p>
<p><b>3. Динамика материальной точки и механической системы. Ньютонов формализм.</b> Трактовка понятий массы и силы.</p>	<p>Лекции, практические занятия.</p>	<p>Активное слушание. Групповое решение задач. Дистанционные образовательные технологии.</p>

<p>Примеры сил: тяжести, упругости, сопротивления среды, трения скольжения и качения, сила Лоренца. Силы параллельные и антипараллельные. Инерциальные системы отсчета. Законы Ньютона. Дифференциальное уравнение движения материальной точки. Математические задачи динамики. Момент силы относительно точки и оси. Условия равновесия сил. Инвариантность уравнений движения относительно сдвига, вращения и преобразований Галилея. Первые интегралы движения механических систем. Теорема изменения и сохранения количества движения. Теорема изменения и сохранения момента количества движения. Кинетический момент относительно неподвижной точки и уравнение его изменения. Теорема изменения кинетической энергии. Работа силы и изменение кинетической энергии материальной точки. Условия консервативности силового поля. Полная энергия механической системы. Теорема изменения и сохранения полной энергии. Движение относительно неинерциальных систем отсчета. Движение относительно поступательно движущейся НСО. Движение во вращающейся СО. Центробежная сила. Сила Кориолиса. Динамика точки и системы с переменными массами. Уравнение Мещерского. Теоремы изменения количества движения и кинетического момента системы переменной массы. Задачи Циолковского.</p>		
<p><b>4. Движение материальной точки в центральном поле. Задача 2х тел.</b> Метод эффективного потенциала. Уравнение <math>E = U_{y\delta\delta}</math>. Исследование</p>	<p>Лекции, практические занятия.</p>	<p>Активное слушание. Групповое решение задач. Дистанционные образовательные технологии.</p>

<p>траекторий (орбит) движения. Фinitные и инфинитные траектории. Замкнутость траекторий движения при фinitном движении. Падение на центр. Теорема вириала, общая формулировка. Случай силы <math>f(r) = kr</math> и <math>f(r) = -a/r</math>. Интегралы движения и формальное интегрирование уравнений движения. Уравнение орбиты в полярной системе координат в виде квадратуры. Уравнение орбиты - коническое сечение. 1-ый и 3-ий законы Кеплера. Сведение задачи 2-х тел к эквивалентной задаче для одного тела. Приведенная масса. Общее решение задачи двух тел. Движение центра масс. Упругое рассеяние двух частиц. Диаграмма скоростей. Дифференциальное поперечное сечение рассеяния. Формула Резерфорда.</p>		
<p><b>5. Динамика твердого тела.</b> Углы Эйлера. Угловая скорость и угловое ускорение твердого тела. Распределение скоростей и ускорений в твердом теле. Сложное движение точки и твердого тела. Формулы сложения скоростей и ускорений. Сложение угловых скоростей. Условия равновесия твердого тела. Приведение системы сил, приложенных к твердому телу. Динамика твердого тела. Импульс, момент импульса, кинетическая энергия твердого тела. Тензор инерции. Представление кинетического момента твердого тела через составляющие тензора инерции. Главные оси инерции. Эллипсоид инерции. Уравнения вращательного движения тела. Уравнения Эйлера. Уравнения движения тела с полюсом в любой точке тела. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Приближенная теория гироскопов.</p>	<p>Лекции, практические занятия.</p>	<p>Активное слушание. Групповое решение задач. Дистанционные образовательные технологии.</p>

<p>Задача Эйлера вращательного движения тела в поле силы тяжести. Определение проекций угловой скорости. Определение углового положения. Геометрическая интерпретация движения по Пуансо. Стационарные вращения относительно главных осей.</p>		
<p><b>б. Динамика несвободных механических систем. Лагранжев формализм.</b>  Соображения подобия и размерностей в механике. Две трудности механики Ньютона. Свободная и несвободная механические системы. Связи и их классификация. Число степеней свободы движения. Реакции связей. Обобщенные координаты и число степеней свободы. Преобразование перехода от декартовых к обобщенным координатам. Действительное, возможное и виртуальное перемещения. Принцип виртуальных перемещений. Идеальные голономные связи. Равенство нулю обобщенных сил - условие равновесия. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Уравнение Лагранжа 1-го рода. Принцип Даламбера и сила Даламбера. Работа сил реакции связей. Принцип Даламбера в обобщенных координатах. Условие идеальности связей. Вывод уравнений Лагранжа 2-го рода из принципа Даламбера. Обобщенная сила. Функция Лагранжа и обобщенный импульс. Структура кинетической энергии в обобщенных координатах. Идеальные голономные связи и структура потенциальной энергии. Обобщенно диссипативные силы (сила Лоренца). Диссипативная функция Релея. Примеры получения уравнений Лагранжа.</p>	<p>Лекции, практические занятия.</p>	<p>Активное слушание. Групповое решение задач. Дистанционные образовательные технологии.</p>

<p>Преимущества уравнений Лагранжа. Кинетическая энергия – квадратичная форма по обобщенным скоростям. Примеры получения уравнений: Материальная точка в декартовой и полярной системе координат. Свойства симметрии механических систем и законы сохранения. Первые интегралы уравнений движения, сохранение обобщенного импульса. Циклические координаты и законы сохранения. Функция Лагранжа в неинерциальных системах отсчета.</p>		
<p><b>7. Движение вблизи положения равновесия. Основы теории колебаний.</b> Равновесие консервативной механической системы. Устойчивое и неустойчивое равновесие. Достаточный признак устойчивости положения равновесия. Теорема Лагранжа об устойчивости равновесия. Малые одномерные колебания. Линеаризация уравнений движения колебательной системы. Движение механической системы с одной степенью свободы в консервативном поле при наличии диссипативных сил. Затухающие колебания. Фазовый портрет. Средняя энергия системы совершающей вынужденные малые колебания. Вынужденные колебания при наличии периодического возбуждения. Резонанс. Биения. Колебания со многими степенями свободы. Характеристическое уравнений, общее решение задачи о колебаниях. Нормальные координаты и собственные колебания. Случай кратных корней и нулевой частоты. Колебания в присутствии диссипативных сил. Примеры: а) плоский маятник на пружине, б)</p>	<p>Лекции, практические занятия.</p>	<p>Активное слушание. Групповое решение задач. Дистанционные образовательные технологии.</p>

двойной маятник.		
<p><b>8. Канонические уравнения механики. Гамильтонов формализм.</b> Вывод уравнений Гамильтона с помощью преобразований Лежандра. Функция Гамильтона и ее свойства. Полная энергия и обобщенная энергия. Законы сохранения в механике Гамильтона. Метод Якоби интегрирования уравнений Гамильтона. Скобки Пуассона и их свойства. Уравнения Гамильтона в виде скобок Пуассона. Теорема Пуассона о первых интегралах. Циклические координаты и отвечающие им интегралы. Обобщенные канонические системы. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема ансамбля механических систем. Теорема Нетер. Связь законов сохранения со свойствами пространства времени. Канонические преобразования. Производящая функция. Канонические преобразования. Типы производящих функций и вид индуцированных им канонических преобразований, примеры канонических преобразований. Канонически сопряженные переменные. Конфигурационное и Уравнение Гамильтона-Якоби. Вывод уравнения. Метод Якоби интегрирования канонических уравнений. Теорема Якоби. Метод разделения переменных.</p>	Лекции, практические занятия.	Активное слушание. Групповое решение задач. Дистанционные образовательные технологии.
<p><b>9. Дифференциальные и интегральные принципы механики.</b> Дифференциальные принципы. Вариации скоростей и независимость точечных вариаций канонических переменных. Основной дифференциальный принцип механики. Варьирование по Гауссу. Уравнения Гаусса и Аппеля.</p>	Лекции, практические занятия.	Активное слушание. Групповое решение задач. Дистанционные образовательные технологии.

Действие. Интегральные принципы. Вариация функционала действия. Принцип Гамильтона-Остроградского Экстремальность действия по Гамильтону в фазовом пространстве. Принцип Якоби. Траектория движения консервативной системы как геодезические метрики Якоби. Вывод уравнения Лагранжа из вариационного принципа Гамильтона (принципа наименьшего действия). Экстремум функционала действия. Уравнения Лагранжа-Эйлера. Ковариантность и неопределенность в задании лагранжиана. Действие как производящая функция канонического преобразования. Интегральный инвариант Пуанкаре-Картана. Адиабатические инварианты.		
--	--	--

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании практических занятий и различных форм самостоятельной работы студентов. В процессе освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии, способы и методы формирования компетенций: лекции, практические занятия, выполнение индивидуальных заданий в рамках самостоятельной работы. Самостоятельная работа студентов организуется в форме решения заданий по предложенным тематикам, а также выполнение письменных домашних заданий.

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

**Форма проведения экзамена:** студенты, освоившие программу курса «Теоретическая механика» могут получить оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и



зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

**Для проведения текущей и промежуточной аттестации:**

**УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач:**

УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие;

УК-1.2. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи;

УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.

**Для всех индикаторов один способ аттестации.**

**Способ аттестации:** типовые контрольные работы.

Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции

Задания для проверки сформированности компетенции:	Критерии оценки		
	Высокий уровень (5 баллов)	Средний уровень (3 балла)	Низкий уровень (1 балл)
1. Записать работу потенциальной силы $1/\Gamma^2$ при движении тела по замкнутому контуру?	Знает определения потенциальной силы и работы, правильно выбран контур интегрирования. Выполнено интегрирование, получен ответ.	Знает определения потенциальной силы и работы, правильно выбран контур интегрирования. Выполнено интегрирование, сделан ряд незначительных неточностей, получен ответ.	Знает определения потенциальной силы и работы, правильно выбран контур интегрирования. Сделан ряд неточностей.
2. Записать уравнения в форме Лагранжа для тела массы $m$ движущегося в цилиндрической системе координат под действием силы	Знает законы Лагранжева формализма. Правильно составлены	Знает законы Лагранжева формализма. Правильно составлены	Знает законы Лагранжева формализма. Правильно составлены

пропорциональной расстоянию от оси $z$ .	выражения для кинетической и потенциальной энергии в цилиндрической системе координат. Составлена функция Лагранжа. Выполнено дифференцирование, составлено дифференциальное уравнение.	выражения для кинетической и потенциальной энергии в цилиндрической системе координат. Составлена функция Лагранжа. По ходу дифференцирования сделан ряд неточностей, дифференциальное уравнение составлено с ошибкой.	выражения для кинетической и потенциальной энергии в цилиндрической системе координат. Функция Лагранжа составлена с ошибкой. По ходу выполнения дифференцирования сделан ряд ошибок.
--	---	--	---

**ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности:**

ОПК-1.1. Анализирует физические объекты и процессы с применением базовых знаний в области физико-математических наук;

ОПК-1.2. Применяет знания в области физико-математических наук при решении практических задач в сфере профессиональной деятельности.

**Способ аттестации:** типовые контрольные работы

Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК – 1

Задания для проверки сформированности знаний и умений:	Критерии оценки		
	<i>Высокий уровень (5 баллов)</i>	<i>Средний уровень (3 балла)</i>	<i>Низкий уровень (1 балл)</i>
Решить задачу: Частица массы $m$ движется в центральном поле $U(r) = -\alpha/r$ . С помощью уравнений Гамильтона в сферических координатах найти ее траекторию и закон движения (в том числе в квадратурах).	Выбрана система отсчета, составлена функция Гамильтона, составлена система уравнений движения и	Выбрана система отсчета, составлена функция Гамильтона, составлена система уравнений движения и	Выбрана система отсчета, составлена функция Гамильтона, составлена система уравнений

	выписана квадратура для нахождения траектории. Выполнено интегрирование, получен ответ.	выписана квадратура для нахождения траектории. Выполнено интегрирование. По ходу выкладок сделаны отдельные не точности.	движения и выписана квадратура для нахождения траектории. По ходу выкладок допущен ряд ошибок.
Решить задачу: Функция Лагранжа свободной релятивистской частицы с массой покоя $m_0$ имеет вид $L = -m_0c^2\sqrt{1 - (\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2)/c^2}$ , где $c$ – скорость света. Составить уравнения движения частицы, получить траекторию частицы.	Выписано уравнение Лагранжа второго рода. Выполнено дифференцирование функции Лагранжа, составлена система дифференциальных уравнений. Выполнено интегрирование уравнений движения, получен ответ.	Выписано уравнение Лагранжа второго рода. Выполнено дифференцирование функции Лагранжа, составлена система дифференциальных уравнений. Выполнено интегрирование уравнений движения. По ходу решения сделан ряд неточностей.	Выписано уравнение Лагранжа второго рода. Выполнено дифференцирование функции Лагранжа, составлена система дифференциальных уравнений. По ходу решения сделан ряд ошибок.

**ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные:**

ОПК-2.2. Решает теоретические задачи и проводит моделирование физических объектов, систем и процессов в рамках научного исследования.

**Способ аттестации:** типовые контрольные работы.

Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК – 2

Задания для проверки сформированности знаний и умений:	<b>Критерии оценки</b>		
	<i>Высокий уровень</i>	<i>Средний уровень</i>	<i>Низкий уровень</i>

	(5 баллов)	(3 балла)	(1 балл)
<p>Решить задачу: Материальная точка массы <math>m</math> движется по траектории <math>\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1</math> с ускорением, параллельным оси <math>Oy</math>. В момент времени <math>t = 0</math> частица находилась в точке <math>x = 0, y = b</math> и имела скорость <math>v_0</math>. Определить силу, действующую на точку в каждой точке траектории.</p>	<p>Ведена система отсчета и радиус вектор. Записано уравнение движения с учетом неизвестной силы. Введены начальные условия. Выполнены необходимые выкладки, получен ответ.</p>	<p>Ведена система отсчета и радиус вектор. Записано уравнение движения с учетом неизвестной силы. Введены начальные условия. Выполнены необходимые выкладки, получен ответ. По ходу выкладок сделан ряд неточностей.</p>	<p>Ведена система отсчета и радиус вектор. Записано уравнение движения с учетом неизвестной силы. Введены начальные условия. По ходу выкладок сделан ряд ошибок.</p>
<p>Решить задачу: Груз массы <math>M</math> падает без начальной скорости с высоты <math>H</math> на пружину. Под действием упавшего груза пружина сжимается на величину <math>h</math>. Вычислить время сжатия пружины (массой пружины и силами трений пренебречь).</p>	<p>Произведен выбор системы отсчета, сформулированы действующие в системе законы сохранения. Получены необходимые соотношения, получен ответ.</p>	<p>Произведен выбор системы отсчета, сформулированы действующие в системе законы сохранения. Получены необходимые соотношения, получен ответ. По ходу выполнения выкладок сделан ряд неточностей.</p>	<p>Произведен выбор системы отсчета, сформулированы действующие в системе законы сохранения. Получены необходимые соотношения. В ходе дальнейших выкладок сделан ряд ошибок.</p>
<p>Сформулировать примеры использования интегралов движения при решении задач теоретической механики.</p>	<p>Знает определения интегралов движения. Ориентируется в основных методах упрощения уравнений движения с учетом специфики задачи. Приводит примеры анализа условий задач механики.</p>	<p>Знает определения интегралов движения. Ориентируется в основных методах упрощения уравнений движения с учетом специфики задачи.</p>	<p>Знает определения интегралов движения. Ориентируется с некоторыми затруднениями в основных методах упрощения уравнений движения.</p>
<p>Вариационные принципы классической механики и</p>	<p>Разбирается в вариационных</p>	<p>Разбирается в вариационных</p>	<p>Знает вариационные</p>

дифференциальные уравнения движения.	принципах механики. Знает различные виды уравнений движения. Способен сформулировать взаимосвязь между вариационными принципами уравнения движения механики. Способен сформулировать конкретные примеры	принципах механики. Знает различные виды уравнений движения. Способен сформулировать взаимосвязь между вариационными принципами уравнения движения механики. При формулировке ответов делает неточные формулировки.	принципы механики. Знает различные виды уравнений движения. При формулировке взаимосвязей между вариационными принципами уравнения движения механики допускает неточные формулировки.
--------------------------------------	---	---	---

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 1) Рекомендуемая литература

#### а) основная литература:

1. Павленко Ю.Г. Лекции по теоретической механике. М.: Физматлит, 2002, 382 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=69274&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=69274&sr=1)
2. Павленко Ю.Г. Задачи по теоретической механике. М.: Физматлит, 2003, 535 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=69273&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=69273&sr=1)
3. Гантмахер, Ф. Р. Лекции по аналитической механике [Электронный ресурс] : Учеб. пособие для вузов / Ф. Р. Гантмахер; Под ред. Е. С. Пятницкого. - 3-е изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 264 с  
<http://znanium.com/catalog/author/fbb386a1-d88c-11e4-9a4d-00237dd2fde4>
4. Журавлев В. Ф. Основы теоретической механики. - М.: Физматлит, 2008. - 304 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68411>
5. Медведев, Б. В. Начала теоретической физики. Механика, теория поля, элементы квантовой механики [Электронный ресурс] / Б. В. Медведев. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 600 с.  
<http://znanium.com/catalog/author/e93f0ee4-dc55-11e4-b489-90b11c31de4c>

### **б) дополнительная литература:**

1. Горбач Н. И. Теоретическая механика: Динамика: учебное пособие. - Минск: Вышэйшая школа, 2012. - 320 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=144360>
2. Белов М. И. Теоретическая механика. - М.:ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 336 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=556474>
3. Бурчак Г. П. Теоретическая механика : учеб. пособие. — М.: ИНФРА-М, 2018. — 271 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=942814>

2) Программное обеспечение

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Научная библиотека ТвГУ: <http://library.tversu.ru/>
2. Электронная библиотека издательства Лань: <http://e.lanbook.com/>
3. Университетская библиотека ONLINE: <http://www.biblioclub.ru/>
4. Сайт издательского дома ЮРАЙТ: <http://www.biblio-online.ru/>
5. Электронно-библиотечная система Znanium.com: <http://znanium.com/>
6. Бесплатная электронная библиотека. Теоретическая механика. <http://by-chgu.ru/category/physic>
7. Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

В качестве интернет ресурсов рекомендуется использовать следующие:

Каталог образовательных интернет ресурсов:

[http://www.edu.ru/modules.php?cid=2757&file=index&l\\_op=viewlink&name=](http://www.edu.ru/modules.php?cid=2757&file=index&l_op=viewlink&name=)

### Web Links&op=modload

Бесплатная электронная библиотека. Теоретическая механика -

<http://by-chgu.ru/category/physics>

Библиотека. Гидромеханика - <http://theorphysics.info/load/23>

Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

Реферативная база научной информации - <http://www.scopus.com/home.url>

Электронные ресурсы издательства "Springer" по естественным, точным, техническим, прикладным и социальным наукам - <http://link.springer.com/>

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

*– планы практических (семинарских) занятий*

Первый семестр

*Модуль 1 (30 баллов)*

1. Движение точки. Системы отсчета на основе Декартовой, цилиндрической и сферической системы координат

2. Движение точки. Скорость и ускорения в произвольной системе координат. Естественная форма задания движения

4. Сложное движение точки. Кинематика материальной точки. Плоскопараллельное движение твердого тела. Кинематика твердого тела

5. Повторение основных тем кинематики

*Модуль 2 (30 баллов)*

6. Динамика материальной точки. Ньютонов формализм. Теоремы об изменении импульса и момента импульса системы. Законы сохранения импульса в задачах теоретической механики

7. Теоремы об изменении кинетической энергии и полной энергии. Закон сохранения полной энергии в задачах теоретической механики. Теоремы об

изменении кинетической энергии и полной энергии. Одномерное движение под действием потенциальной силы. Фазовое пространство

8. Динамика точки в центральном поле. Динамика относительного движения

9. Динамика систем переменного состава. Динамика твердого тела

10. Повторение основных тем динамики

– **сборники задач:**

1) Е.С. Пятницкий, Н.М. Трухан, Ю.И. Ханукаев, Г.Н. Яковенко – Сборник задач по аналитической механике

2) Ю.Г. Павленко – Задачи по теоретической механике

– **методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:**

1. Изучить рекомендуемую литературу.

2. Просмотреть задачи, разобранные на аудиторных занятиях.

3. Разобрать задачи, рекомендованные преподавателем для самостоятельного решения, используя, при необходимости, примеры решения аналогичных задач.

4. Обсудить проблемы, возникшие при решении задач с преподавателем.

Требования к рейтинг-контролю. В течение семестра два раза (на модульных неделях) необходимо:

1) выполнить две контрольные работы за модуль (максимальное число баллов за контрольную 10)

2) сдать преподавателю решения домашних задач, полученных из указанных сборников задач (максимальное число баллов за модуль 20),

3) ответить на теоретические вопросы на зачете (максимальное число баллов 40).

Примеры вопросов:

Радиус вектор; траектория; перемещение; скорость и ускорение (общ. выражение); скорость и ускорение (в декартовой системе координат); секторная



скорость; системы отсчета (декартова, цилиндрическая и сферическая); естественная форма задания движения; материальная точка; абс. твердое тело; пространство и время; степени свободы; обобщенные координаты; коэффициенты Ламе; тангенциальное и нормальное ускорения; радиус кривизны; абсолютное, относительное и переносное движение; кориолисово ускорение; угловая скорость и угловое ускорение; масса; сила; гравитационная сила; сила Лоренца; сила упругости; диссипативные силы; потенциальные силы; гироскопические силы; I,II,III – законы Ньютона; инерциальные системы отсчета, принцип относительности Галилея; начальные условия, уравнение движения, закон движения; I и II- интегралы движения; импульс; момент импульса; кинетическая, потенциальная и полная энергия; элементарная работа, полная работа; законы сохранения и изменения полного импульса, момента импульса и полной энергии; вириал Клаузиуса; неинерциальные системы отсчета; силы инерции; уравнение движения в неинерциальной системе отсчета; основная задача механики; обратная задача; центрально симметричное поле; задача Кеплера; точки поворота; финитное и инфинитное движение; условие возникновения финитного движения; потенциальный барьер; потенциальная яма; кинетический барьер; задача двух тел; приведенная масса; центр масс; уравнение Мещерского; тензор инерции; главные моменты; углы Эйлера; уравнения Эйлера; кинетический момент вращательного движения, кинетическая энергия вращательного движения.

## Второй семестр

### *Модуль 1 (30 баллов)*

1. Уравнения Лагранжа I рода. Механические системы с голономными связями
2. Уравнения Лагранжа II рода. Лагранжев формализм. Структура уравнений Лагранжа
3. Условия равновесия. Линейные колебания

4. Малые колебания консервативной системы. Собственные колебания под действием обобщенных потенциальных и диссипативных сил.

5. Повторение темы Лагранжев формализм

*Модуль 2 (30 баллов)*

6. Вынужденные колебания

7. Уравнения Гамильтона. Первые интегралы. Скобки Пуассона

8. Вариационные принципы механики. Интегральные инварианты

9. Повторение основных тем аналитической механики. Канонические преобразования. Уравнения Гамильтона – Якоби

10. Повторение темы Гамильтонов формализм

**– сборники задач:**

1) Е.С. Пятницкий, Н.М. Трухан, Ю.И. Ханукаев, Г.Н. Яковенко – Сборник задач по аналитической механике

2) Ю.Г. Павленко – Задачи по теоретической механике

**– методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:**

1. Изучить рекомендуемую литературу.

2. Просмотреть задачи, разобранные на аудиторных занятиях.

3. Разобрать задачи, рекомендованные преподавателем для самостоятельного решения, используя, при необходимости, примеры решения аналогичных задач.

4. Обсудить проблемы, возникшие при решении задач с преподавателем.

**Требования к рейтинг-контролю.** В течение семестра два раза (на модульных неделях) необходимо:

1) выполнить контрольную работу за модуль (максимальное число баллов за работу 10)

2) сдать преподавателю решения домашних задач, полученных из указанных сборников задач (максимальное число баллов за модуль 20),

3) ответить на теоретические вопросы на экзамене (максимальное число баллов 40).

Примеры экзаменационных вопросов:

- 1) Скорость и ускорение материальной точки в различных системах координат (коэффициенты Ламе).
- 2) Естественные формы задания движения.
- 3) Движение относительно двух систем отсчета (сложение движений).
- 4) Понятие о силе и массе. Основные виды сил в ТМ.
- 5) Законы Ньютона. Основные задачи и методы ТМ.
- 6) Принципы относительности Галилея.
- 7) Импульс. Закон изменения и сохранения импульса (интегралы движения).
- 8) Момент импульса. Закон изменения и сохранения момента импульса (интегралы движения).
- 9) Закон изменения и сохранения полной энергии (интегралы движения).
- 10) Теорема вириала.
- 11) Движение относительно неинерциальных систем отсчета.
- 12) Движение тел с переменной массой (уравнение Мещерского).
- 13) Интегрирование уравнений движения в одномерном случае.
- 14) Движение в центрально симметричном поле.
- 15) Задача Кеплера.
- 16) Задача 2 –х тел.
- 17) Упругие столкновения.
- 18) Рассеяние частиц. Формула Резерфорда.
- 19) Кинетическая энергия и момент импульса абсолютно твердого тела.
- 20) Уравнения движения твердого тела.
- 21) Движение несвободных механических систем. Ур-я Лагранжа I–го рода.
- 22) Ур-я Лагранжа II-го рода.

- 23) Ур-я Лагранжа II-го рода в случае неинерциальной системы отсчета.
- 24) Ур-я Лагранжа в случае малых колебаний.
- 25) Колебания механической системы с одной степенью свободы.
- 26) Вынужденные колебания в системе с одной степенью свободы.

Резонанс.

- 27) Линейные колебания в системах с  $s$ - степенями свободы.
- 28) Уравнения Гамильтона;
- 29) Скобки Пуассона. Теорема Якоби
- 30) Теоремы об изменении обобщенных мер движения и законы сохранения обобщенного импульса и обобщенной энергии в Механике Гамильтона.
- 31) Теорема Лиувилля
- 32) Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского.
- 33) Уравнения Лагранжа II рода и Гамильтона как следствие вариационного принципа Гамильтона - Остроградского.
- 34) Уравнения Гамильтона – Якоби и Метод разделения переменных.
- 35) Теорема Нетер.
- 36) Интегральный инвариант Пуанкаре – Картана.
- 37) Канонические преобразования.
- 38) Адиабатические – Инварианты.

**– темы рефератов:**

1. Использование законов классической механики в вычислительной физике и химии.
2. Метод молекулярной динамики
3. Вариационные принципы в аналитической механике
4. Использование аппарата аналитической механики в статистической физике
5. Аналитическая механика как предельный случай квантовых явлений.

Защита реферата дает 30 баллов, которые могут защитоваться вместо решения домашних задач.

## VII. Материально-техническое обеспечение

Лекции и практические занятия проводятся в аудиториях, оснащенных мультимедийной техникой.

<b>Наименование специальных помещений</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Лекционная аудитория № 227 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1. Проектор Panasonic PT-VW340ZE 2. экран ScreenMedia 3. Ноутбук (переносной) 4. Комплект учебной мебели на 60 посадочных мест 5. Меловая доска</p>	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №785 от 06.08.2021 г. MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, Лекционная аудитория № 218 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1. Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест. 2. Экран настенный Screen Media 153x203 3. Переносной комплект мультимедийной техники (ноутбук, проектор). 4. Меловая доска</p>	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №785 от 06.08.2021 г. MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно</p>

## VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			