

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра теоретической физики**

Авторы-составители: **Демин Виталий Анатольевич  
Циберкин Кирилл Борисович**

Рабочая программа дисциплины  
**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**  
Код УМК 64270

Утверждено  
Протокол №6  
от «08» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Теоретическая механика

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика  
направленность Программа широкого профиля

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Теоретическая механика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.03.01** Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

**ОПК.3** Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

#### **Индикаторы**

**ОПК.3.1** Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	7
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	56
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	88
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (7 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Теоретическая механика [для физиков]. Первый семестр**

#### **Обзор элементарных принципов. Законы сохранения**

##### **Движение материальной точки. Законы сохранения**

Производится обзор элементарных принципов: перемещение, скорость ускорение. Обсуждаются законы Ньютона для материальной точки, относительность по Галилею и Эйнштейну. В наиболее общем виде выводятся законы сохранения импульса, момента импульса и закон сохранения энергии для материальной точки. Вводится понятие консервативной силы.

##### **Механика и законы сохранения для систем материальных точек.**

Рассматривается механика систем материальных точек. Вводится понятие центра масс системы материальных точек. Выводится второй закон Ньютона для системы материальных точек. Выводятся законы сохранения импульса, момента импульса и энергии для системы материальных точек.

#### **Лагранжев формализм**

##### **Уравнения Лагранжа**

Производится классификация связей. Рассматриваются примеры связей. Вводятся обобщенные координаты. Формулируется принцип Даламбера. Выводятся уравнения Лагранжа. Определяется функция Лагранжа, обсуждаются свойства функции Лагранжа. В качестве примера решается задача о двойном математическом маятнике.

##### **Связь симметрий пространства-времени с законами сохранения**

Выводится коническое сечение для движения материальной точки в кулоновском поле. Анализируются частные случаи финитных и инфинитных траекторий. Выводится третий закон Кеплера. Рассматривается задача о рассеянии частиц. Определяется понятие сечения рассеяния. Выводится формула Резерфорда.

#### **Движение в центральном поле**

##### **Общие закономерности движения материальной точки в центральном поле**

Рассматривается задача о движении двух тел. Вводится понятие приведенной массы. Формулируется задача о движении материальной точки в центральном поле. Анализируются интегралы движения. Выводится второй закон Кеплера. Финитные и инфинитные траектории при движении в центральных полях.

##### **Движение в кулоновском поле**

Выводится коническое сечение для движения материальной точки в кулоновском поле. Анализируются частные случаи финитных и инфинитных траекторий. Выводится третий закон Кеплера. Рассматривается задача о рассеянии частиц. Определяется понятие сечения рассеяния. Выводится формула Резерфорда.

#### **Колебания**

##### **Одномерные колебания**

Производится постановка задачи о малых одномерных колебаниях. Рассматриваются свободные и вынужденные колебания, биения, резонанс. Задача о вынужденных колебаниях решается в квадратурах. Описываются периодические и аperiodические затухающие колебания. Решается общая задача о вынужденных колебаниях системы при наличии трения.

### **Системы со многими степенями свободы**

Рассматриваются колебания механической системы со многими степенями свободы. Определяется диссипативная функция. Выводятся уравнения Лагранжа с учетом трения.

### **Параметрический резонанс и нелинейные колебания**

Обсуждаются общие вопросы параметрического воздействия, явление параметрического резонанса. Приводится пример решения задачи. Ставится задача о нелинейных колебаниях. Для ее решения используется метод последовательных приближений.

### **Движение абсолютно твердого тела**

#### **Абсолютно твердое тело. Тензор инерции**

Вводится понятие угловой скорости. Вычисляется кинетическая энергия твердого тела. Определяется тензор инерции. Рассматриваются малые колебания физического маятника. Вычисляется момент импульса твердого тела. Приводится пример ротатора. Описывается явление прецессии симметрического волчка.

#### **Уравнения Эйлера. Движение асимметрического волчка**

Выводятся уравнения движения твердого тела. Вводятся эйлеровы углы. Вычисляются компоненты вектора угловой скорости в терминах эйлеровых углов. Рассматривается движение осесимметрического волчка с неподвижной нижней точкой. Выводятся уравнения Эйлера. В качестве иллюстрации применения уравнений Эйлера приводится пример симметрического волчка. Рассматривается асимметрический волчок. Проводится анализ интегралов движения в случае свободного вращения асимметрического волчка. Выводятся зависимости компонент угловой скорости асимметрического волчка от времени.

#### **Неинерциальные системы отсчета**

Рассматривается движение тел в неинерциальных системах отсчета. Выводится функция Лагранжа для материальной точки в НСО. Обсуждается действие центробежной силы и силы Кориолиса на поверхности Земли.

#### **Гамильтонов подход**

Доказывается теорема Лиувилля. Определяется функция Гамильтона. Выводятся уравнения Гамильтона. Вводятся скобки Пуассона. Обсуждаются свойства скобок Пуассона. Выводится уравнение Гамильтона-Якоби. Действие анализируется как функция координат. Рассматривается предельный переход уравнения Шредингера в уравнение Гамильтона-Якоби.

#### **Основы механики сплошных сред**

Рассматривается концепция сплошной среды и физически бесконечно малого объема. Описываются уравнения неразрывности, динамики идеальной и вязкой жидкости..

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Козинцева, С. В. Теоретическая механика : учебное пособие / С. В. Козинцева, М. Н. Сусин. — 2-е изд. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 153 с. — ISBN 978-5-4486-0442-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/79816.html>
2. Бутенин Н. В. Курс теоретической механики. учебное пособие для вузов : в 2 т. Т. 1. Статика и кинематика / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. -10-е изд., стер..-Санкт-Петербург:Лань,2008.-736

### Дополнительная:

1. Теоретическая механика. Краткий курс : учебник для вузов / В. Д. Бертяев, Л. А. Булатов, А. Г. Митяев, В. Б. Борисевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13208-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/449527>
2. Ольховский И. И., Павленко Ю. Г., Кузьменков Л. С. Задачи по теоретической механике для физиков: учебное пособие для вузов / И. И. Ольховский, Ю. Г. Павленко, Л. С. Кузьменков. -Санкт-Петербург:Лань,2008, ISBN 978-5-8114-0764-4.-400.-Библиогр.: с. 390
3. Мещерский И. В. Задачи по теоретической механике: учебное пособие для вузов / И. В. Мещерский ; ред.: В. А. Пальмов, Д. Р. Меркин. -Санкт-Петербург:Лань,2007, ISBN 978-5-9511-0019-1.-448.



## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://library.psu.ru/node/738> Электронные ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Теоретическая механика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

Дополнительный перечень используемых информационных технологий определяется преподавателями дисциплины.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.  
Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Теоретическая механика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.3**

**Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать основные принципы механики, динамических законов, законов сохранения. Уметь использовать общие законы механики для получения частных закономерностей, решать прикладные задачи. Владеть подходами Лагранжа и Гамильтона, общими методами теоретической механики и теории устойчивости.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные принципы механики, динамических законов, законов сохранения. Не умеет использовать общие законы механики для получения частных закономерностей, решать прикладные задачи. Не владеет подходами Лагранжа и Гамильтона, общими методами теоретической механики и теории устойчивости.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных принципов механики, динамических законов, законов сохранения. Демонстрирует частично сформированное умение использовать общие законы механики для получения частных закономерностей, решать прикладные задачи. Имеет представление о подходах Лагранжа и Гамильтона, общих методах теоретической механики и теории устойчивости.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных принципов механики, динамических законов, законов сохранения. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения использовать общие законы механики для получения частных закономерностей, решать прикладные задачи, давать интерпретацию результатов, контролировать правильность</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>вычислений, самостоятельно приобретать новые знания. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет подходами Лагранжа и Гамильтона, общими методами теоретической механики и теории устойчивости.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания основных принципов механики, динамических законов, законов сохранения. Сформированное умение использовать общие законы механики для получения частных закономерностей, решать прикладные задачи. Успешное и систематическое применение подходов Лагранжа и Гамильтона, общих методов теоретической механики и теории устойчивости.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС +

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Движение материальной точки. Законы сохранения <b>Входное тестирование</b>	Владение методами решения дифференциальных уравнений и их систем, задач вариационного исчисления
<b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Связь симметрий пространства-времени с законами сохранения <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Владение приемами нахождения законов сохранения, знание подхода Лагранжа
<b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Параметрический резонанс и нелинейные колебания <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	знание законов Кеплера, формулы Резерфорда, особенностей движения тел в центральных полях, владение базовыми методами теории колебаний
<b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Основы механики сплошных сред <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	знание общих принципов теоретической механики и механики сплошной среды, умение использовать общие законы и подходы механики для решения прикладных задач, владение методами описания движения абсолютно твердого тела.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Движение материальной точки. Законы сохранения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Минимизация функционала	5
Знание выражений для кинетической энергии материальной точки, связи потенциальной энергии и силовых полей	3
Решение линейного ОДУ второго порядка с постоянными коэффициентами	2

### Связь симметрий пространства-времени с законами сохранения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знание законов движения материальных точек	7
Умение строить функцию и уравнения Лагранжа для механических систем	7
Владение навыками описания систем материальных точек	6
знание уравнения движения центра масс	5
Умение находить законы сохранения из свойств симметрии	5

### Параметрический резонанс и нелинейные колебания

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знание формулы Резерфорда, умение анализировать рассеяние частиц	8
Знание законов Кеплера, умение применять их для описания движения тел в центральном потенциале	7
Владение базовыми методами теории колебаний, умение анализировать одномерные колебания	6
Знание принципов описания систем со многими степенями свободы	5
умение исследовать колебания линейных и параметрических осцилляторов	4

### Основы механики сплошных сред

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Умение находить моменты инерции и главные оси вращения	9
Владение основными понятиями теории движения абсолютно твердых тел	8
знание основ теории упругости	7

умение получать уравнения движения из функции Гамильтона	6
владение методами описания движения в неинерциальных системах отсчёта	5
Владение методами описания движения симметрического и асимметрического волчка	5