

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Теоретическая механика. Дополнительные главы

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

---

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 Теоретическая механика. Дополнительные главы относятся к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-4: Способен применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук	<p>ПК-4.1: Знает фундаментальные и теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем</p> <p>ПК-4.2: Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы</p> <p>ПК-4.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой</p>	<p>ПК-4.1: Знает теоретические основы фундаментальных методов исследования научных проблем</p> <p>ПК-4.2: Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы.</p> <p>ПК-4.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой</p>	Контрольная работа Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>5</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	78
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 (часы)	в том числе			
		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
Динамика несвободной системы. Дифференциальные принципы механики	20	6	6	12	8
Независимые координаты. Уравнения Лагранжа 2 рода.	34	8	8	16	18
Свободные и вынужденные колебания	36	8	8	16	20
Устойчивость движения	32	4	6	10	22
Механика Гамильтона	20	6	4	10	10
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	180	32	32	66	78

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Динамика несвободной системы. Дифференциальные принципы механики.

Связи: удерживающие-неудерживающие, голономные, неголономные, стационарные, нестационарные.

Реакции связей. Основная задача механики несвободной системы  $n$  точек. Действительные, возможные, виртуальные перемещения. Идеальные связи.

Дифференциальные принципы. Общее уравнение динамики, принцип виртуальных перемещений, принцип Даламбера.

2. Независимые координаты. Уравнения Лагранжа 2 рода.

Независимые координаты. Обобщенные силы. Уравнения Лагранжа в независимых координатах.

Структура кинетической энергии и функции Лагранжа в обобщенных координатах. Обобщенный интеграл энергии. Циклические интегралы.

3. Свободные и вынужденные колебания

Колебания. Свободные колебания. Гармонический осциллятор. Линейный осциллятор. Фазовый портрет осциллятора.

Разбиение плоскости параметров линейной системы на области с различным типом состояний

равновесия.

Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы. Резонанс.

Раскачка осциллятора из состояния покоя (незатухающий осциллятор, затухающий осциллятор).

Колебания систем с  $n$  степенями свободы. Уравнение частот. Амплитудные векторы. Главные колебания. Нормальные координаты

Вынужденные колебания систем с  $n$  степенями свободы. Гармонические коэффициенты влияния. Резонанс.

#### 4. Устойчивость движения

Невозмущенное движение, возмущенное движение. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Уравнения возмущенного движения. Уравнения первого приближения Устойчивость по первому приближению. Характеристические показатели. Характеристический определитель. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Теорема Ляпунова о неустойчивости по первому приближению. Устойчивость положения равновесия консервативной системы (теорема Лагранжа).

#### 5. Механика Гамильтона.

Переменные Лагранжа, канонические переменные. Канонические уравнения Гамильтона. Свойства функции Гамильтона. Первый интеграл канонической системы. Скобки Пуассона. Теорема Пуассона. Фазовое пространство, пространство конфигураций, пространство состояний.

### **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.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

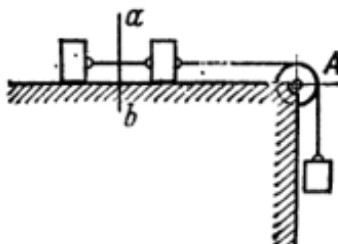
- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточной аттестации (экзамен).

### **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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-4:**

- 1) Три груза массы  $M$  каждый соединены нерастяжимой нитью, переброшенной через неподвижный блок  $A$ . Два груза лежат на гладкой горизонтальной плоскости, а третий груз подвешен вертикально. Определить ускорение системы. Массой нити пренебречь. Масса блока  $A$  (сплошного однородного диска), вращающегося вокруг неподвижной оси, равна  $2M$ .



- 2) Составить уравнение движения маятника, состоящего из материальной точки массы  $m$ , подвешенной на нити, длина которой изменяется по произвольно заданному закону  $l = l(t)$ . В качестве координаты взять угол отклонения нити от вертикали  $\varphi$ .

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Удерживающие-неудерживающие связи.

Голономные, неголономные связи.

Стационарные, нестационарные связи.

Реакции связей.

Идеальные связи.

Общее уравнение динамики.

Принцип виртуальных перемещений.

Принцип Даламбера.

Обобщенные координаты и обобщенные силы.

Уравнение Лагранжа второго рода.

Обобщенный интеграл инергии.

Циклические координаты.

Фазовый портрет осциллятора.

Разбиение плоскости параметров линейной системы на области с различным типом состояний равновесия.

Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы. Резонанс.

Раскачка осциллятора из состояния покоя (незатухающий осциллятор, затухающий осциллятор).

Колебания систем со многими степенями свободы. Уравнение частот. Амплитудные векторы. Главные колебания. Главные направления. Нормальные координаты.

Устойчивость движения. Невозмущенное движение, возмущенное движение.

Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость.

Уравнения возмущенного движения. Уравнения первого приближения.

Устойчивость по первому приближению. Характеристические показатели. Характеристический определитель.

Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Теорема Ляпунова о неустойчивости по первому приближению. Особые случаи по Ляпунову.

Теорема Гурвица.

Критерий Михайлова.

Функция Гамильтона.

Скобки Пуассона.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

## 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 задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	ответа		и недочетами	недочетами		недочетов	
--	--------	--	-----------------	------------	--	-----------	--

### 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 ПК-4

1. Связи. Классификация связей. Реакции связей.
2. Действительные, возможные и виртуальные перемещения. Геометрический смысл виртуальных перемещений. Идеальные связи.
3. Дифференциальные вариационные принципы. Принцип виртуальных перемещений. Общее уравнение динамики. Принцип д'Аламбера.
4. Обобщенные координаты. Обобщенные силы. Принцип равновесия. Принцип Торричелли.
5. Уравнение Лагранжа второго рода. Случай относительного движения.
6. Понятие первых интегралов. Интеграл Пенлеве-Якоби. Циклические интегралы.
7. Понятие колебаний механической системы. Состояние равновесия. Определение устойчивого состояния равновесия по Ляпунову. Теорема Лагранжа-Дирихле. Критерий Сильвестра.



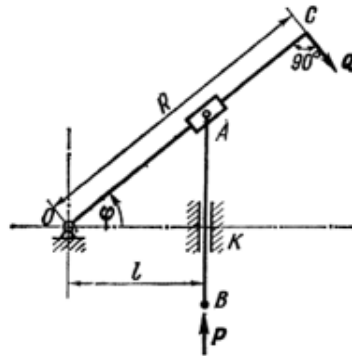
8. Понятие Фазовой плоскости и фазовой траектории. Гармонический осциллятор: случаи центра, устойчивого и неустойчивого фокуса.
9. Понятие Фазовой плоскости и фазовой траектории. Гармонический осциллятор: случаи седла, устойчивого и неустойчивого узла.
10. Вынужденные колебания систем с 1 степенью свободы. Фазово-частотная характеристика. Амплитудно-частотная характеристика.
11. Вынужденные колебания систем с 1 степенью свободы. Раскачка осциллятора из состояния покоя. Резонанс Осциллятора с трением.
12. Малые колебания систем с несколькими степенями свободы вблизи состояния равновесия.
13. Вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы.
14. Устойчивость движения по первому приближению. Уравнение возмущенного движения. Теоремы Ляпунова. Критерий Рауса-Гурвица.
15. Функция Гамильтона. Свойства.
16. Методы интегрирования канонических уравнений.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

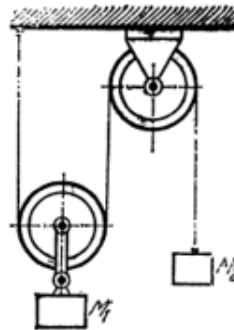
Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

#### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4**

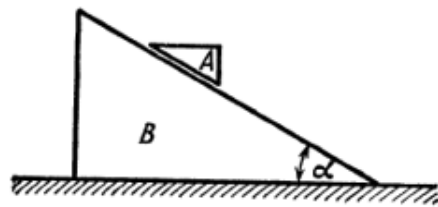
- 1) В кулисном механизме при качении рычага  $OC$  вокруг горизонтальной оси  $O$  ползун  $A$ , перемещаясь вдоль рычага  $OC$ , приводит в движение стержень  $AB$ , движущийся в вертикальных направляющих  $K$ . Даны размеры:  $OC = R$ ,  $OK = l$ . Какую силу  $Q$  надо приложить перпендикулярно кривошипу  $OC$  в точке  $C$  для того, чтобы уравновесить силу  $P$ , направленную вдоль стержня  $AB$  вверх?



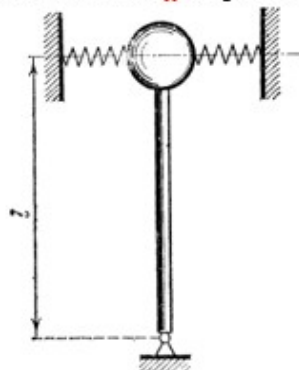
- 2) К системе блоков, изображенной на рисунке, подвешены грузы:  $M_1$  массы 10 кг и  $M_2$  массы 8 кг. Определить ускорение  $w_2$  груза  $M_2$ , пренебрегая массами блоков.



- 3) Призма  $A$  массы  $m$  скользит по гладкой боковой грани призмы  $B$  массы  $m_1$ , образующей угол  $\alpha$  с горизонтом. Определить ускорение призмы  $B$ . Трением между призмой  $B$  и горизонтальной плоскостью пренебречь.



- 4) Определить период малых колебаний астатического маятника. Маятник состоит из жесткого стержня длины  $l$ , несущего на конце массу  $m$ , зажатую между двумя горизонтальными пружинами жесткости  $c$  закрепленными концами.



## Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

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

Основная литература:

1. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики : [для гос. ун-тов : в 2 ч.]. Ч. 1. Кинематика, статика, динамика материальной точки / в перераб. и с доп. С. М. Тарга. - Изд. 8-е, стер. - М. : Наука, 1969. - 467 с. : черт. - 0.87., 27 экз.
2. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики : [в 2 ч. : для гос. ун-тов]. Ч. 2. Динамика системы материальных точек / в перераб. и с доп. С. М. Тарга. - Изд. 5-е, стер. - М. : Наука, 1969. - 332 с. : черт. - 0.66., 65 экз.
3. Мещерский Иван Всеволодович. Задачи по теоретической механике : учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. - 39-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2002. - 448 с. - ISBN 5-9511-0019-4 : 108.00., 1 экз.
4. Сборник задач по аналитической механике : [для вузов] . - М. : Наука, 1980. - 320 с. : ил. - 1.10., 355 экз.

Дополнительная литература:

1. Культина Н. Ю. Как решать задачи по теоретической механике : учебно-методическое пособие / Культина Н. Ю., Новиков В. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2010. - 60 с. - Рекомендовано методической комиссией механико-математического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки: 010100 «Математика», 010300 «Математика. Компьютерные науки», 010500 «Прикладная математика и информатика», 010900 «Механика и математическое моделирование». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. -

Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика.,  
<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729907&idb=0>.

2. Меркин Давид Рахмилевич. Введение в теорию устойчивости движения : [учеб. пособие для вузов]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1987. - 304 с. : ил. - 0.85., 2 экз.

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

1. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/theoretical.htm>

#### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран)

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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Капитанов Денис Владимирович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.