

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
Кафедра математического моделирования

УТВЕРЖДАЮ

Декан математического факультета



Нестеров П.Н.

20 июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
Теоретическая механика

Направление подготовки (специальности)
02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль)
«Программирование, алгоритмы и анализ данных»

Форма обучения очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от 11 апреля 2023 г., протокол № 8

Программа одобрена НМК
математического факультета
протокол № 9 от 3 мая 2023 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теоретическая механика» являются:

- основные методы описания движения материальной точки и твердого тела;
- динамические уравнения движения, рассматриваемые в классической механике, и вытекающие из них следствия;
- иметь представление об основных понятиях классической механики.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы бакалавриата

Дисциплина «Теоретическая механика» входит в цикл дисциплин, которые обеспечивают овладение общенаучными знаниями в области современного естествознания и связь их с математическими дисциплинами, необходимыми для подготовки специалиста математика. Она основывается на знаниях, полученных слушателями при изучении дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Обыкновенные дифференциальные уравнения», «Вариационное исчисление», «Дифференциальная геометрия». Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Теоретическая механика», используются при изучении общепрофессиональных дисциплин, а также ряда специальных дисциплин. Данная дисциплина относится к вариативной части Блока 1.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-1 Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий	ПК-1.1 Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	Знать: <ul style="list-style-type: none">– общие фундаментальные физические проблемы движения материальных объектов в представлениях классической механики;– основные определения и уравнения классической механики. Владеть навыками: <ul style="list-style-type: none">– нахождения функции Лагранжа и функции Гамильтона механических систем.

	<p>ПК-1.2 Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике</p>	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выбирать математическую модель механической системы в соответствии с условиями предлагаемой задачи (материальная точка, твердое тело, сплошная среда и т.д.), оценивать и выделять основные факторы, управляющие поведением механической системы, пренебрегать несущественными в условиях предлагаемой задачи силами. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> – нахождения кинематических характеристик движения по заданному закону движения; – применения законов Ньютона и законов сохранения для решения поставленных задач.
--	---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** (6 сем.) + **4** (7 сем.) = **6** зачетных единиц, **72** (6 сем.) + **144** (7 сем.) = **216** акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1.	Кинематика точки и системы.	6	1						
2.	Кинематика точки.	6	1	2		1		6	Задания для самостоятельной работы
3.	Общие основания кинематической системы..	6	2	1		2			
4.	Кинематика твердого тела.	6	3	4				6	Задания для самостоятельной работы

5.	Сложное движение точки.	6	2	3				5	Задания для самостоятельной работы. Самостоятельная работа №1
6.	Сложное движение твердого тела.	6	3	2				4	Задания для самостоятельной работы
7.	Динамика.	6	2	2		1		4	Задания для самостоятельной работы. Самостоятельная работа №2
8.	Главный вектор и главный момент системы сил.	6	2	2					
							0,3	10,7	Зачёт
	Итого за 6 семестр		16	16		4	0,3	35,7	
9.	Дифференциальные вариационные принципы механики.	7	5	4		1		6	
10.	Геометрия масс.	7	4	4		2		1	Задания для самостоятельной работы
11.	Основные теоремы и законы динамики.	7	6	7				8	Задания для самостоятельной работы
12.	Динамика твердого тела.	7	5	4		2		8	Задания для самостоятельной работы. Самостоятельная работа №3
13.	Дифференциальные уравнения аналитической механики.	7	4	4				7	
14.	Канонические уравнения Гамильтона.	7	4	4		2			
15.	Малые колебания консервативной системы около положения равновесия.	7	4	5		1		6	
						2	0,5	33,5	Экзамен
	Итого за 7 семестр		32	32		10	0,5	69,5	
	ИТОГО		48	48		14	0,8	105,2	

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Кинематика точки и системы.

Тема 1. Пространство и время. Механическая система. Задачи кинематики.

Раздел 2. Кинематика точки.

Тема 2. Способы задания движения. Скорость и ускорение в различных системах координат.

Раздел 3. Общие основания кинематической системы.

Тема 3. Свободные и несвободные системы.

Тема 4. Связи. Действительные и виртуальные перемещения.

Раздел 4. Кинематика твердого тела.

Тема 5. Векторно-матричное задание движения твердого тела. Углы Эйлера.

Тема 6. Основные теоремы о конечных перемещениях твердого тела.

Тема 7. Скорость и ускорение твердого тела при поступательном движении. Скорость и ускорение в общем случае.

Тема 8. Кинематические инварианты. Кинематический винт.

Раздел 5. Сложное движение точки.

Тема 9. Теорема о сложении скоростей. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса).

Раздел 6. Сложное движение твердого тела.

Тема 10. Кинематические уравнения Эйлера.

Тема 11. Сложение мгновенного поступательного и вращательного движений.

Раздел 7. Динамика.

Тема 12. Основные понятия и аксиомы динамики. Инвариантные системы отсчета. Законы Ньютона.

Тема 13. Активные силы и реакции связей. Силы внутренние и внешние. Задачи динамики.

Раздел 8. Главный вектор и главный момент системы сил.

Тема 14. Работа. Силовая функция. Идеальные связи.

Тема 15. Силовое поле. Силовое поле. Потенциал.

Раздел 9. Дифференциальные вариационные принципы механики.

Тема 16. Принцип Даламбера-Лагранжа.

Тема 17. Принцип Журдена. Принцип Гаусса.

Тема 18. Физический смысл принципа Гаусса. Экстремальное свойство реакций связей.

Раздел 10. Геометрия масс.

Тема 19. Центр масс. Моменты инерции относительно осей.

Тема 20. Эллипсоид инерции. Главные оси инерции.

Раздел 11. Основные теоремы и законы динамики.

Тема 21. Основные динамические величины механической системы.

Тема 22. Количество движения системы. Главный момент количества движения.

Тема 23. Кинетическая энергия системы. Теорема об изменении количества движения.

Тема 24. Теорема об изменении кинетической энергии.

Раздел 12. Динамика твердого тела.

Тема 25. Уравнения движения твердого тела вокруг неподвижной точки.

Тема 26. Динамические уравнения Эйлера. Первые интегралы.

Тема 27. Движение динамически симметричного тела в случае Эйлера.

Тема 28. Об элементарной теории гироскопа.

Тема 29. Уравнения движения физического маятника. Фазовая плоскость. Интегрирование уравнений движения.

Раздел 13. Дифференциальные уравнения аналитической механики.

Тема 30. Уравнения Лагранжа второго рода. Функция Лагранжа.

Тема 31. Теорема об изменении полной механической энергии голономной системы. Гироскопические силы. Диссипативные силы. Обобщенный потенциал.

Раздел 14. Канонические уравнения Гамильтона.

Тема 32. Функция Гамильтона. Физический смысл функции Гамильтона.

Тема 33. Интеграл Якоби.

Раздел 15. Малые колебания консервативной системы около положения равновесия.

Тема 34. Теорема Лагранжа об устойчивости положения равновесия. Теоремы Ляпунова о неустойчивости положения равновесия консервативной системы.

Тема 35. Линеаризация уравнений движения. Колебания консервативной системы под влиянием периодических сил. Параметрический резонанс.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Академическая лекция (или лекция общего курса) — последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы — последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Практическое занятие — занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

Консультации — вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

- **Электронный учебный курс «Теоретическая механика» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:
 - представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;

- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимся и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

- для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:
 - программы Microsoft Office;
 - издательская система LaTeX;
 - Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»

http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Маркеев А.П. Теоретическая механика, М; Ижевск: РХД, 2007 г.
2. Иродов И. Е. Задачник по общей физике. Спб.: Лань, 2006. – 416 с.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. Для втузов. — 20-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2010. — 416 с.
4. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Ч.1. Статика, кинематика.— 1966 г. — 438 с.
5. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Ч.2. Динамика. — 1966 г. — 410 с.

б) дополнительная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая механика. М.: Наука, 1988. – 512 с.
2. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. М.1974.; 432 с.

3. Бутенин Н.В., Лунс Я.Н., Меркин Д.О. Курс теоретической механики, т. I, т. II, М.: изд-во "Наука", 1985.
4. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики, М.: изд-во "Наука", 1975.
5. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике, М.: изд-во "Наука", 1966.
6. Мещерский И. В. Сборник задач по теоретической механике. М.: Наука, 1986.
7. Андронов А.А. Теоретическая механика. 20 лекций. Ч.1. Статика. Кинематика: Учеб. Пособие. 2-е изд., доп. и испр. — М.: МГУЛ, 2003. — 137с.
8. Андронов А.А. Теоретическая механика. 20 лекций. Ч.2. Динамика: Учеб. Пособие. 2-е изд., доп. и испр. — М.: МГУЛ, 2003. — 128 с.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) — списочному составу группы обучающихся.

Автор:

доцент кафедры математического
моделирования, к.ф.-м.н. А.В. Секацкая

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Теоретическая механика»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущей аттестации**

Задания по теме № 2 «Кинематика точки». Номера задач для самостоятельного решения № 10.15, №10.20, № 10.22, № 11.12, № 11.16, № 11.17, № 12.11, № 12.13, № 12.32
Сборника задач по теоретической механике. М.: Наука, 1986. Автор - Мещерский И. В.

Задания по теме № 4 «Кинематика твердого тела». Номера задач для самостоятельного решения № 13.5, № 13.15, № 13.20, № 15.2, № 15.4, № 18.35, № 18.38, № 18.41
Сборника задач по теоретической механике. М.: Наука, 1986. Автор - Мещерский И. В.

Задания по теме № 5 «Сложное движение точки». Номера задач для самостоятельного решения № 21.2, №21.9, №21.15, № 22.3, №22.10, № 22.26, № 23.14, № 23.34
Сборника задач по теоретической механике. М.: Наука, 1986. Автор - Мещерский И. В.

Задания по теме № 6 «Сложное движение твердого тела». Номера задач для самостоятельного решения № 24.26, № 24.28, № 25.3, № 25.13, № 25.17
Сборника задач по теоретической механике. М.: Наука, 1986. Автор - Мещерский И. В.

Задания по теме № 7 «Динамика». Номера задач для самостоятельного решения № 26.8, № 26.16, № 26.26, № 27.7, № 27.15, 27.37, № 27.43, № 27.53, № 27.65
Сборника задач по теоретической механике. М.: Наука, 1986. Автор - Мещерский И. В.

Задания по теме № 10 «Геометрия масс». Номера задач для самостоятельного решения № 34.3, № 34.9, № 34.10, № 34.16, № 34.19, № 9.1, № 9.3, № 9.4
Сборника задач по теоретической механике. М.: Наука, 1986. Автор - Мещерский И. В.

Задания по теме № 11 «Основные теоремы и законы динамики». Номера задач для самостоятельного решения № 28.11, № 28.14, № 28.17, № 29.12, № 30.3, № 30.11, № 30.16, № 31.3, № 31.22.
Сборника задач по теоретической механике. М.: Наука, 1986. Автор - Мещерский И. В.

Задания по теме № 12 «Динамика твердого тела». Номера задач для самостоятельного решения № 35.16, № 36.9, 37.7, № 37.12, № 37.26, № 37.36, № 38.2, № 38.30, № 39.19, № 39.22
Сборника задач по теоретической механике. М.: Наука, 1986. Автор - Мещерский И. В.

Самостоятельная работа № 1. Номера задач № 1.20, № 1.27, № 1.43, № 1.49
Задачника по общей физике. Бином. Лаборатория знаний, 2012. Автор - Иродов И. Е.

Самостоятельная работа № 2. Номера задач № 1.60, № 1.65, № 1.80, № 1.91. Задачника по общей физике. Бином. Лаборатория знаний, 2012. Автор - Иродов И. Е.

Самостоятельная работа № 3. Номера задач № 1.120, № 1.137, № 1.206, № 1.268. Задачника по общей физике. Бином. Лаборатория знаний, 2012. Автор - Иродов И. Е.

Правила выставления оценки по результатам контрольной работы

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по следующему принципу:

- за каждое полностью правильно выполненное задание — 3 балла;
- при решении допущены незначительные ошибки — 2 балла;
- правильно выбран способ решения задания, но при его реализации допущены грубые ошибки — 1 балл.

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Зачёт

Зачет выставляется по результатам текущей аттестации.

Список вопросов к экзамену

1. Пространство и время. Механическая система. Задачи кинематики.
2. Способы задания движения. Скорость и ускорение в различных системах координат.
3. Свободные и несвободные системы.
4. Связи. Действительные и виртуальные перемещения.
5. Векторно-матричное задание движения твердого тела. Углы Эйлера.
6. Основные теоремы о конечных перемещениях твердого тела.
7. Скорость и ускорение твердого тела при поступательном движении. Скорость и ускорение в общем случае.
8. Кинематические инварианты. Кинематический винт.
9. Теорема о сложении скоростей. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса).
10. Кинематические уравнения Эйлера.
11. Сложение мгновенного поступательного и вращательного движений.
12. Основные понятия и аксиомы динамики. Инвариантные системы отсчета. Законы Ньютона.
13. Активные силы и реакции связей. Силы внутренние и внешние. Задачи динамики.
14. Работа. Силовая функция. Идеальные связи.
15. Силовое поле. Силовое поле. Потенциал.
16. Принцип Даламбера-Лагранжа.
17. Принцип Журдена. Принцип Гаусса.
18. Физический смысл принципа Гаусса. Экстремальное свойство реакций связей.
19. Центр масс. Моменты инерции относительно осей.
20. Эллипсоид инерции. Главные оси инерции.
21. Основные динамические величины механической системы.
22. Количество движения системы. Главный момент количества движения.
23. Кинетическая энергия системы. Теорема об изменении количества движения.
24. Теорема об изменении кинетической энергии.
25. Уравнения движения твердого тела вокруг неподвижной точки.
26. Динамические уравнения Эйлера. Первые интегралы.
27. Движение динамически симметричного тела в случае Эйлера.
28. Об элементарной теории гироскопа.

29. Уравнения движения физического маятника. Фазовая плоскость. Интегрирование уравнений движения.
30. Уравнения Лагранжа второго рода. Функция Лагранжа.
31. Теорема об изменении полной механической энергии голономной системы. Гирскопические силы. Диссипативные силы. Обобщенный потенциал.
32. Функция Гамильтона. Физический смысл функции Гамильтона.
33. Интеграл Якоби.
34. Теорема Лагранжа об устойчивости положения равновесия. Теоремы Ляпунова о неустойчивости положения равновесия консервативной системы.
35. Линеаризация уравнений движения. Колебания консервативной системы под влиянием периодических сил. Параметрический резонанс.

Описание процедуры выставления оценки

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка. Для дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров, оценка может выставляться не только по окончании ее освоения, но и в промежуточных семестрах. Вид оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено») определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Теоретическая механика»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной особенностью предмета «Теоретическая механика», читаемого студентам-математикам, является большое количество новых приемов рассуждений, не основанных исключительно на аксиомах и теоремах математики. Математическая подготовка, требуемая для освоения предмета, у студента присутствует в полном объёме, в то время как навыки физических рассуждений, умение выделять основные факторы в условиях данной задачи присутствуют не всегда.

Поэтому студенту так важно сосредоточиться на освоении новых для него способов рассуждения. Проще всего этого добиться, решая большое количество задач. Часть задач, демонстрирующая применение общих физических принципов и конкретных механических законов, подробно разбирается на практических занятиях в аудитории. Ещё одним залогом успешного освоения предмета является самостоятельная работа студента дома, заключающаяся в проработке материала лекций и решении основанных на нём задач