

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

23 декабря 2024 г.

Регистрационный № 2367/б.



ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

6-05-0533-09 Прикладная математика

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 6-05-0533-09-2023, учебных планов БГУ № 6-5.3-57/01, № 6-5.3-57/02, № 6-5.3-57/03, № 6-5.3-57/04 от 15.05.2023.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.И. Калинин, профессор кафедры методов оптимального управления факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор;

Н.М. Дмитрук, заведующий кафедрой методов оптимального управления факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

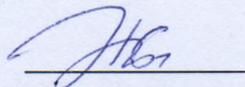
Д.Г. Медведев, профессор кафедры теоретической и прикладной механики Белорусского государственного университета, доктор педагогических наук, профессор, кандидат физико-математических наук;

И.К. Асмыкович, доцент кафедры высшей математики Белорусского государственного технологического университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой методов оптимального управления БГУ
(протокол № 4 от 26.11.2024);
Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 5 от 19.12.2024)

Заведующий кафедрой



Н.М.Дмитрук

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Теоретическая механика» – изучение наиболее общих законов движения и равновесия материальных тел, позволяющих составлять математические модели типовых профессиональных задач, выбирать или самостоятельно разрабатывать методы математического моделирования для решения прикладных задач, возникающих в различных областях науки и техники. Образовательная цель: практико-ориентированной компетентности, позволяющей использовать полученные знания для решения задач в сфере профессиональной и социальной деятельности. Развивающая цель: формирование у студентов современного физико-математического кругозора, овладение навыками логического мышления, исследовательской и активной профессиональной деятельности, постановки задач, выработки и принятия решений.

Задачи учебной дисциплины:

1. Освоение студентами теории и практики решения задач, связанных с математическим моделированием и исследованием равновесия, механических движений и взаимодействия материальных объектов.

2. Расширение базы знаний студентов, необходимой для усвоения материала дисциплин прикладной математики.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Математическое моделирование» государственного компонента.

Программа составлена с учетом межпредметных связей с учебными дисциплинами. Знания, полученные в учебной дисциплине, используются при изучении дисциплин государственного компонента при изучении учебных дисциплин «Дифференциальные уравнения», «Математическое моделирование в естествознании», «Методы оптимизации», дисциплин профилизации.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Теоретическая механика» должно обеспечить формирование следующих базовых профессиональных компетенций:

БПК. Разрабатывать метод математического моделирования для решения задач в различных предметных областях, применять основные уравнения теоретической механики, математической физики для моделирования физических процессов, реализовывать на современных языках программирования построенные алгоритмы.

БПК. Составлять математические модели типовых профессиональных задач, находить и обосновывать выбор оптимального метода решения, интерпретировать смысл полученного математического результата

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

– основные понятия и задачи механики;

– методы построения математических моделей, описывающих движение и равновесие материальных объектов;

– общие законы движения и механического взаимодействия материальных тел;

уметь:

– строить и анализировать математические модели движения и равновесия материальных объектов;

– применять полученные знания при решении прикладных задач естествознания;

иметь навык:

– применения основного аппарата теоретической механики;

– построения и исследования математических моделей механики;

– решения и анализа прикладных физических задач.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 4 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Теоретическая механика» отведено для очной формы получения высшего образования – 206 часов, в том числе 72 аудиторных часа, из них: лекции – 36 часов, практические занятия – 36 часов. **Из них:**

Лекции – 36 часов, практические занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины 6 зачетных единиц.

Форма промежуточной аттестации – зачет и экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Предмет теоретической механики. Цели дисциплины. Историческое развитие классической механики, ее связь с другими мировоззрениями в естествознании, место теоретической механики среди других наук.

Раздел 1. Кинематика

Тема 1.1. Кинематика материальной точки

Скорость и ускорение материальной точки. Проекция ускорения на оси естественного трехгранника. Касательное и нормальное ускорения точки

Тема 1.2. Сложное движение точки

Абсолютное и относительное движение. Теорема о сложении скоростей в сложном движении точки. Ускорение точки в сложном движении. Абсолютное, относительное, переносное и добавочное ускорения материальной точки. Теорема Кориолиса. Свойства добавочного ускорения.

Тема 1.3. Движения твердого тела

Элементарные движения абсолютно твердого тела. Поступательное движение. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Мгновенные движения. Теорема Эйлера. Следствия. Плоскопараллельное движение твердого тела.

Раздел 2. Статика

Тема 2.1. Основные понятия статики

Сила. Эквивалентные системы сил. Аксиомы статики. Реакции связей. принцип освобожденности от связей.

Тема 2.2. Системы сил, имеющих равнодействующую

Система сходящихся сил. Теорема о трех силах. Системы двух параллельных и антипараллельных сил.

Тема 2.3. Теория пар

Пара сил. Момент пары. Теорема об эквивалентности пар.

Тема 2.4. Уравнения равновесия твердого тела

Приведение системы сил к произвольной точке. Условия равновесия твердого тела. Основная теорема статики. Плоская система сил. Сила тяжести и центр тяжести. Понятие о трении скольжения. Закон Амонтона – Кулона.

Раздел 3. Динамика материальной точки

Тема 3.1. Основные законы классической механики

Законы Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Две основные задачи динамики. Естественные уравнения движения.

Тема 3.2. Общие теоремы динамики материальной точки в абсолютном движении

Теорема об изменении момента количества движения. Теорема об изменении кинетической энергии. Потенциальное силовое поле. Сохранение

механической энергии материальной точки при движении в потенциальном силовом поле. Движение материальной точки под действием центральной силы.

Тема 3.3. Относительное движение материальной точки

Дифференциальные уравнения относительного движения точки. Принцип относительности классической динамики. Равновесие материальной точки на поверхности Земли. Вес. Принцип Даламбера.

Раздел 4. Динамика системы материальных точек

Тема 4.1. Основные теоремы динамики системы материальных точек

Учение о связях. Общее уравнение динамики. Основные теоремы динамики системы. Теорема об изменении количества движения системы и о движении центра масс. Теорема об изменении кинетического момента системы. Теорема об изменении кинетической энергии.

Тема 4.2. Уравнения Лагранжа второго рода

Обобщенные координаты. Число степеней свободы. Вывод уравнений Лагранжа. Уравнения Лагранжа для консервативных сил. Случай существования силовой функции.

Тема 4.3. Теоремы о движении системы материальных точек относительно центра масс

Кинетический момент и кинетическая энергия системы в осях Кёнига. Теоремы Кёнига. Теорема Резаля.

Раздел 5. Элементы динамики твердого тела

Тема 5.1. Осевые моменты инерции тела

Определения. Теорема Штейнера. Моменты инерции простейших тел.

Тема 5.2. Простейшие движения твердого тела

Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Кинетический момент и кинетическая энергия тела во вращательном движении. Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси. Работа системы сил, приложенных к твердому телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси. Теорема об изменении кинетической энергии при вращательном движении. Плоскопараллельное движение тела.

Тема 5.3. Кинетическая энергия твердого тела

Определение кинетической энергии твердого тела при произвольном движении. Кинетическая энергия твердого тела при поступательном и вращательном движении. Примеры.

Раздел 6. Специальные вопросы динамики

Тема 6.1. Элементы теории колебаний

Гармонические колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Круговой математический маятник.

Тема 6.2. Задача о движении тела переменной массы

Уравнение Мещерского. Первая задача Циолковского. Вторая задача Циолковского.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий
(ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Введение	1						
1	Кинематика	7	6					
1.1	Кинематика материальной точки	3	2					Устный опрос Решение задач
1.2	Сложное движение точки	2	2					Решение задач
1.3	Движения твердого тела	2	2					Контрольная работа №1
2	Статика	8	6				2	
2.1	Основные понятия статики	2						
2.2	Системы сил, имеющих равнодействующую	2	2					Устный опрос Решение задач
2.3	Теория пар	2	2					Решение задач
2.4	Уравнения равновесия твердого тела	2	2				2	Отчет по практическим упражнениям с их устной защитой Контрольная работа №2
3	Динамика материальной точки	4	4					
3.1	Основные законы классической механики	1						
3.2	Общие теоремы динамики материальной точки в абсолютном движении	1	2					Устный опрос Решение задач

3.3	Относительное движение материальной точки	2	2					Контрольная работа №3
4	Динамика системы материальных точек	8	9				2	
4.1	Основные теоремы динамики системы материальных точек	4	2					Устный опрос Решение задач
4.2	Уравнения Лагранжа второго рода	2	5				2	Отчет по практическим упражнениям с их устной защитой Контрольная работа №4
4.3	Теоремы о движении системы материальных точек относительно центра масс	2	2					Решение задач
5	Элементы динамики твердого тела	5	3				1	
5.1	Осевые моменты инерции тела	2	1					Устный опрос Решение задач
5.2	Простейшие движения твердого тела	2	2					Решение задач
5.3	Кинетическая энергия твердого тела	1					1	Отчет по практическим упражнениям с их устной защитой
6	Специальные вопросы динамики	3	2				1	
6.1	Элементы теории колебаний	2	2					Устный опрос Решение задач
6.3	Задача о движении тела переменной массы	1					1	Отчет по практическим упражнениям с их устной защитой
	Итого:	36	30				6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Калинин, А.И. Теоретическая механика : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования / А.И.Калинин, Н.М.Дмитрук. – Минск: БГУ, 2022. – 120 с. – URL : <https://elib.bsu.by/handle/123456789/287842>.
2. Бухгольц, Н. Н. Основной курс теоретической механики : [в 2 ч.] / Н. Н. Бухгольц. – Изд. 11-е, стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2021 – Ч. 1 : Кинематика, статика, динамика материальной точки : учебное пособие. - 2021. - 467 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/169804>.
3. Бухгольц, Н. Н. Основной курс теоретической механики : [в 2 ч.] / Н. Н. Бухгольц. – Изд. 9-е, стер. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2022. - Ч. 2 : Динамика системы материальных точек : учебное пособие. – 2022. – 332 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/250805>.
4. Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике : учебное пособие / И. В. Мещерский ; под редакцией В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. – 51-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 448 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/206417>.

Дополнительная литература

1. Вярвьильская, О.Н. Краткий курс теоретической механики : учеб. пособие / О.Н. Вярвьильская, Д.Г. Медведев, В.П. Савчук; под ред. Д.Г. Медведева. – Минск : БГУ, 2020. – 207 с.
2. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов / С.М. Тарг. – М.: Высш.школа, 2010. – 416 с.
3. Калитин Б.С. Задачи по теоретической механике: Пособие / Б.С. Калитин – Мн.: БГУ, 2005. – 186 с.
4. Петкевич В.В. Теоретическая механика: Учебное пособие / В.В. Петкевич – М.: Наука, 1981. – 469 с.
5. Арнольд В.И. Математические методы классической механики: Учебное пособие / В.И. Арнольд – М.: Наука, 2004. – 408 с.
6. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: Учебник / Н.Н. Никитин – М.: Высшая школа, 1990. – 607 с.
7. Старжинский, В.М. Теоретическая механика / В.М. Старжинский. – М.: Наука, 1980. – 464 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Для диагностики компетенций в рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы:

1. Устная форма: устный опрос.
2. Письменная форма: контрольные работы.

3. Устно-письменная форма: решение задач, отчеты по практическим упражнениям с их устной защитой, экзамен по учебной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Теоретическая механика» учебным планом предусмотрен **зачет и экзамен**.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- устный опрос, отчет по практическим упражнениям – 20 %;
- коллоквиум – 20 %;
- контрольная работа – 60 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) – 60% и отметки на зачете – 40%.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 2.4 Уравнения равновесия твердого тела (2 ч.)

Решение задач из задачника Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике – СПб., 2010. Главы I, II.

Форма контроля – отчет по практическим упражнениям с их устной защитой.

Тема 4.2 Уравнения Лагранжа второго рода (2 ч.)

Решение задач из задачника Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике – СПб., 2010. Глава XI, параграф 48.

Форма контроля – отчет по практическим упражнениям с их устной защитой.

Тема 5.3 Кинетическая энергия твердого тела (1 ч.)

Решение задач из задачника Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике – СПб., 2010. Глава X, параграф 37.

Форма контроля – отчет по практическим упражнениям с их устной защитой.

Тема 6.3. Задача о движении тела переменной массы. (1 ч.)

Решение задач из задачника Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике – СПб., 2010. Глава X, параграф 45.

Форма контроля – отчет по практическим упражнениям с их устной защитой.

Примерный перечень практических занятий

1. Кинематика материальной точки
2. Сложное движение точки
3. Движения твердого тела
4. Системы сил, имеющих равнодействующую
5. Теория пар
6. Уравнения равновесия твердого тела
7. Общие теоремы динамики материальной точки в абсолютном движении
8. Относительное движение материальной точки
9. Основные теоремы динамики системы материальных точек
10. Уравнения Лагранжа второго рода
11. Теоремы о движении системы материальных точек относительно центра масс
12. Осевые моменты инерции тела
13. Простейшие движения твердого тела
14. Элементы теории колебаний

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса большинства практических занятий используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности.

При организации образовательного процесса используются следующие методы:

– **метод учебной дискуссии**, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

– **метод группового обучения**, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

В качестве технических средств для организации работы в рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать Образовательный портал БГУ (<https://edufpmi.bsu.by>) – инструменты с эффективной функциональностью контроля, тренинга и самостоятельной работы.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Для обеспечения возможности самостоятельной работы при изучении теории и выполнении практических заданий рекомендуется использовать изданные учебные пособия, размещенные в электронной библиотеке университета.

Для самоконтроля усвоения учебного материала рекомендуется использовать образовательный портал EDUFPMI, где размещены:

- учебно-методические материалы,
- учебные издания для теоретического изучения дисциплины,
- практические задания и примеры их решений,
- материалы текущего контроля и текущей аттестации,
- вопросы для подготовки к экзамену.

Примерный перечень вопросов к экзамену

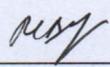
1. Скорость и ускорение материальной точки;
2. Проекция ускорения на естественные оси;
3. Теорема о сложении скоростей;
4. Элементарные движения твердого тела;
5. Теорема Эйлера;
6. Зависимость между скоростями двух точек тела;
7. Плоское движение твердого тела (кинематика);
8. Теорема Кориолиса;
9. Аксиомы статики;
10. Система сходящихся сил;
11. Система параллельных сил;
12. Система двух антипараллельных сил;
13. Критерий эквивалентности пар;
14. Теория пар;
15. Основная теорема статики;
16. Плоская система сил;
17. Понятие о трении скольжения;
18. Сила тяжести и центр тяжести;
19. Основные законы динамики;
20. Две основные задачи динамики;
21. Естественные уравнения движения;
22. Основные теоремы динамики материальной точки;
23. Потенциальное силовое поле;
24. Движение материальной точки под действием центральной силы;
25. Дифференциальные уравнения относительного движения материальной точки;
26. Равновесие материальной точки на поверхности земли. Вес;
27. Принцип Даламбера;
28. Общее уравнение динамики;
29. Теорема о движении центра масс;

30. Теорема об изменении кинетического момента системы;
31. Теорема об изменении кинетической энергии системы;
32. Обобщенные координаты. Число степеней свободы;
33. Вывод уравнений Лагранжа;
34. Уравнения Лагранжа для консервативных сил;
35. Теоремы Кенига;
36. Теорема Резаля;
37. Осевые моменты инерции тела;
38. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси (динамика);
39. Плоское движение твердого тела (динамика);
40. Кинетическая энергия твердого тела;
41. Гармонические колебания;
42. Вынужденные колебания. Резонанс;
43. Круговой математический маятник;
44. Уравнение Мещерского;
45. Две задачи Циолковского.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Дифференциальные уравнения	Фундаментальной математики и интеллектуальных систем	Изменений не требуется	Протокол № 4 от 26.11.2024 Согласовано
Математическое моделирование в естествознании	Компьютерных технологий и систем	Изменений не требуется	Протокол № 4 от 26.11.2024 Согласовано
Методы оптимизации	Методов оптимального управления	Изменений не требуется	Протокол № 4 от 26.11.2024 Согласовано

Заведующий кафедрой
фундаментальной математики и
интеллектуальных систем
доктор физ.-мат. наук, профессор



М.М.Васьковский

22. _____ 11 2024 г.

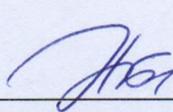
Заведующий кафедрой
компьютерных технологий и систем
доктор педагогических наук, профессор



В.В.Казаченок

25. _____ 11 2024 г.

Заведующий кафедрой
методов оптимального управления
кандидат физ.-мат. наук, доцент



Н.М.Дмитрук

26. _____ 11 2024 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
