

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

 **О.Г. Прохоренко**

«05» января 2023 г.

Регистрационный № УД – 11551/уч.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 03 03 Прикладная математика (по направлениям)

Направление специальности:

1-31 03 03-01 Прикладная математика

(научно-производственная деятельность)

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 03-2021, типового учебного плана №G 31-1-026/пр.-тип. от 30.06.2021 и учебных планов БГУ №G 31-1-030/уч. от 30.06.2021, №G 31-1-022/уч. ин. от 23.07.2021.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.И. Калинин, профессор кафедры методов оптимального управления Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор;

Н.М. Дмитрук, заведующий кафедрой методов оптимального управления 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 № 5 от 19.12.2022 г.)

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 4 от 29.12.2022 г.)

Заведующий кафедрой методов
оптимального управления
Белорусского государственного университета,
кандидат физико-математических наук, доцент

Н.М. Дмитрук

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Теоретическая механика» знакомит студентов с наиболее общими законами движения и равновесия материальных тел, а также с возникающими при этом взаимодействиями между ними. Основой для изучения теоретической механики являются физические и математические дисциплины, изучаемые в средней школе, а также дисциплины модуля «Математический анализ» и дисциплина «Дифференциальные уравнения».

Цели и задачи учебной дисциплины

Цели учебной дисциплины «Теоретическая механика»:

1. формирование и развитие практико-ориентированной компетентности, позволяющей использовать полученные знания для решения задач в сфере профессиональной и социальной деятельности;
2. формирование логического мышления, позволяющего грамотно анализировать получаемую информацию и делать соответствующие выводы для достижения желаемых результатов;
3. формирование навыков исследовательской и активной профессиональной деятельности, постановки задач, выработки и принятия решений;
4. 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.

Задачи учебной дисциплины «Теоретическая механика»:

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 «Теоретическая механика» относится к государственному компоненту и входит в модуль «Математическое моделирование» учебного плана **1-31 03 03 Прикладная математика (по направлениям)** направление специальности 1-31 03 03-01 Прикладная математика (научно-производственная деятельность).

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Сведения из «Теоретической механики» используются при изучении учебных дисциплин «Дифференциальные уравнения», «Математическое моделирование в естествознании», «Методы оптимизации», дисциплин специализации «Качественная теория оптимального управления», «Теория устойчивости», «Управление по прогнозирующей модели».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Теоретическая механика» студентами специальности **1-31 03 03 Прикладная математика (по направлениям)** направление специальности 1-31 03 03-01 Прикладная математика (научно-производственная деятельность) должно обеспечить формирование следующих **базовых профессиональных компетенций**:

БПК-6. Разрабатывать методы 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-7. Составлять математические модели типовых профессиональных задач, находить и обосновывать выбор оптимального метода решения, интерпретировать смысл полученного математического результата.

В результате изучения 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;

владеть:

- основным аппаратом теоретической механики;
- методами построения и исследования математических моделей механики;

– методами решения и анализа прикладных физических задач.

Структура учебной дисциплины

Форма получения высшего образования – дневная (очная).

Дисциплина изучается в 4 семестре. 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 – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины 6 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации – 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 освобождаемости 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

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

Дневная форма получения образования с применением электронных средств обучения (ДО)

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практи- ческие занятия		
	Введение	1			
1	Кинематика				
1.1	Кинематика материальной точки	3	2		Устный опрос
1.2	Сложное движение точки	2	2		Отчет по практическим упражнениям
1.3.	Движения твердого тела	2	2		Контрольная работа №1
2	Статика				
2.1	Основные понятия статики	2			Устный опрос
2.2	Системы сил, имеющих равнодействующую	2	2		Отчет по практическим упражнениям
2.3	Теория пар	2	2		Отчет по практическим упражнениям
2.4	Уравнения равновесия твердого тела	2	2	2	Решение задач. Контрольная работа №2
3	Динамика материальной точки				
3.1	Основные законы классической механики	1			Устный опрос
3.2	Общие теоремы динамики материальной точки в абсолютном движении	1	2		Отчет по практическим упражнениям
3.3	Относительное движение материальной точки	2	2		Контрольная работа №3
4	Динамика системы материальных точек				
4.1	Основные теоремы динамики системы	4	2		Устный опрос

	материальных точек				
4.2	Уравнения Лагранжа второго рода	2	5	2	Решение задач. Контрольная работа №4
4.3	Теоремы о движении системы материальных точек относительно центра масс	2	2		Отчет по практическим упражнениям
5	Элементы динамики твердого тела				
5.1	Осевые моменты инерции тела	2	1		Устный опрос
5.2	Простейшие движения твердого тела	2	2		Коллоквиум
5.3	Кинетическая энергия твердого тела	1		1	Решение задач
6	Специальные вопросы динамики				
6.1	Элементы теории колебаний	2	2		Устный опрос
6.3	Задача о движении тела переменной массы	1		1	Решение задач
	Итого	36	30	6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Калинин, А.И. Теоретическая механика. Учебное пособие. / А.И.Калинин, Н.М.Дмитрук. – Минск: БГУ, 2022. – 120 с. – URL : <https://elib.bsu.by/handle/123456789/287842>.
2. Вярвильская, О.Н. Краткий курс теоретической механики : учеб. пособие / О.Н. Вярвильская, Д.Г. Медведев, В.П. Савчук; под ред. Д.Г. Медведева. – Минск : БГУ, 2020. – 207 с. – URL : <https://elib.bsu.by/handle/123456789/257179>.
3. 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. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/169804>.
4. 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. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/250805>.
5. Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике : учебное пособие / И. В. Мещерский ; под редакцией В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. – 52-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 448 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/206417>.

Перечень дополнительной литературы

1. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов / С.М. Тарг. – М.: Высш.школа, 2010. – 416 с.
2. Калитин Б.С. Задачи по теоретической механике: Пособие / Б.С. Калитин – Мн.: БГУ, 2005. – 186 с.
3. Петкевич В.В. Теоретическая механика: Учебное пособие / В.В. Петкевич – М.: Наука, 1981. – 469 с.
4. Арнольд В.И. Математические методы классической механики: Учебное пособие / В.И. Арнольд – М.: Наука, 2004. – 408 с.
5. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: Учебник / Н.Н. Никитин – М.: Высшая школа, 1990. – 607 с.
6. Старжинский, В.М. Теоретическая механика / В.М. Старжинский. – М.: Наука, 1980. – 464 с.

Перечень используемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Текущая аттестация проводится в соответствии с Постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г. «Об утверждении Правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования»; Положением о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в Белорусском государственном университете (приказ ректора БГУ № 189-ОД от 31.03.2020); Критериями оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

Устная форма:

- коллоквиум;
- устный опрос.

Письменная форма:

- контрольная работа;
- отчет по практическим упражнениям.

Устно-письменная форма:

- решение задач;
- экзамен по учебной дисциплине.

На лекционных занятиях по учебной дисциплине «Теоретическая механика» предусматривается изложение теории с включением проблемного подхода к изучению отдельных тем.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Теоретическая механика» учебным планом предусмотрен **экзамен**.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в итоговую отметку:

Формирование отметки за текущую успеваемость:

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

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки текущей успеваемости составляет 40 %, вес экзаменационной отметки составляет 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

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 – решение задач.

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 – решение задач.

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 – решение задач.

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 – решение задач.

Описание инновационных подходов и методов преподавания учебной дисциплины

При организации образовательного процесса рекомендуется использовать перечисленные ниже 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.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

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 УВО

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) ¹
Дифференциальные уравнения	Кафедра высшей математики	Нет	Изменения не требуются (протокол № 5 от 19.12.2022 г.)
Математическое моделирование в естествознании	Кафедра компьютерных технологий и систем	Нет	Изменения не требуются (протокол № 5 от 19.12.2022 г.)
Методы оптимизации	Кафедра методов оптимального управления	Нет	Изменения не требуются (протокол № 5 от 19.12.2022 г.)
Качественная теория оптимального управления	Кафедра методов оптимального управления	Нет	Изменения не требуются (протокол № 5 от 19.12.2022 г.)
Теория устойчивости	Кафедра методов оптимального управления	Нет	Изменения не требуются (протокол № 5 от 19.12.2022 г.)
Управление по прогнозирующей модели	Кафедра методов оптимального управления	Нет	Изменения не требуются (протокол № 5 от 19.12.2022 г.)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на ____/____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
методов оптимального управления (протокол № ____ от _____ 20__г.)

Заведующий кафедрой
к.ф.-м.н., доцент _____

Н.М.Дмитрук

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
доцент _____

Ю.Л. Орлович