

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан



Л.В. Гензе

« 31 » 06 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Теоретическая механика

по направлению подготовки

01.03.01 Математика

01.03.03 Механика и математическое моделирование

02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки:

Основы научно-исследовательской деятельности в области математики

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.2.08

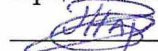
СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП



Л.В. Гензе

Председатель УМК



Е.А.Тарасов

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики как для использования в профессиональной деятельности, так и для консультирования.

ОПК-3 Способен использовать методы физического моделирования, современное экспериментальное оборудование или специализированное программное обеспечение для проведения вычислительных экспериментов в профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Демонстрирует навыки работы с профессиональной литературой по основным естественнонаучным и математическим дисциплинам

ИОПК 1.2 Демонстрирует навыки выполнения стандартных действий, решения типовых задач с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых математических и естественнонаучных дисциплин

ИОПК 1.3 Владеет фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук

ИОПК 3.1 Участвует в проведении эксперимента (физического, мысленного или компьютерного) на основе сформулированной с руководителем физической модели явления или модели из другой научной области

ИОПК 3.2 Владеет методами физического или компьютерного моделирования, методами планирования эксперимента, теорией подобия и размерностей

ИОПК 3.3 Анализирует полученные экспериментальные результаты

2. Задачи освоения дисциплины

– Сформировать у студентов знание основных понятий, положений и методов по разделам «Кинематика», «Статика», «Динамика».

– Сформировать у студентов навыки работы с теоретическими основами курса применительно к решению различных практических задач кинематики, статики и динамики.

– Развить у студентов понимание связи дисциплины «Теоретическая механика» с более специальными механическими дисциплинами, например, «Механика сплошной среды», «Гидромеханика», «Аэродинамика».

– Сформировать у студентов навыки математической формулировки механических задач.

– Сформировать у студентов навыки критического анализа механических задач с точки зрения возможной декомпозиции и обоснованного пренебрежения несущественными механическими связями.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, экзамен

Четвертый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: математический анализ, алгебра, аналитическая геометрия.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 з.е., 288 часов, из которых:

-лекции: 64 ч.

-практические занятия: 64 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Способы задания движения точки.

В рамках этой темы будут рассмотрены векторный способ; координатный способ; естественный способ; переход от координатного способа к естественному способу.

Тема 2. Скорость точки.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: скорость при векторном способе задания движения точки; скорость при координатном способе в ДПСК; скорость при естественном способе задания движения точки; проекции скорости на оси криволинейных координат; скорость точки в круговом движении; момент вектора относительно точки и оси; секториальная (секторная) скорость.

Тема 3. Ускорение точки.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: ускорение при векторном способе задания движения точки; ускорение при координатном способе; ускорение при естественном способе (проекции ускорения на оси естественного трехгранника); ускорение в круговом движении точки; проекции ускорения на оси криволинейных координат; частные случаи движения точки.

Тема 4. Основные движения твердого тела.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: определение положения твердого тела; число степеней свободы твердого тела; поступательное движение твердого тела; вращение твердого тела вокруг неподвижной оси.

Тема 5. Плоско-параллельное движение твердого тела.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: уравнения плоско-параллельного движения тела; уравнения движения точек тела; геометрическое рассмотрение движения плоской фигуры; скорости точек плоской фигуры; определение ускорений точек плоской фигуры.

Тема 6. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: уравнения движения тела; угловая скорость и угловое ускорение тела; определение скоростей точек тела при сферическом движении его; ускорение точек тела; теорема Ривальса.

Тема 7. Движение свободного твердого тела.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: закон движения тела; скорости точек тела; ускорения точек тела.

Тема 8. Сложное движение точки.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: определение относительного, переносного и абсолютного движений; теорема сложения скоростей; производная от вектора, заданного в подвижной системе координат; теорема сложения ускорений – теорема Кориолиса.

Тема 9. Сложное движение абсолютно твердого тела.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: постановка задачи; сложение поступательных движений твердого тела; сложение мгновенных вращательных движений твердого тела; пара вращений; сложение мгновенных вращательного и поступательного движений твердого тела; приведение системы скользящих векторов к центру; главный вектор и главный момент; общий случай сложения мгновенных движений тела.

Тема 10. Основные законы механики.

В рамках этой темы будут рассмотрены три закона Ньютона и закон независимости действия сил.

Тема 11. Основные определения и аксиомы статики.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: задачи статики; аксиомы статики; механические связи; аксиома связей; реакции простейших связей; силы трения.

Тема 12. Система сходящихся сил.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: геометрические и аналитические условия равновесия системы сходящихся сил; теорема о трех силах.

Тема 13. Система параллельных сил.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: система двух параллельных сил; пара сил.

Тема 14. Произвольная пространственная система сил.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: основная лемма; приведение пространственной системы сил к центру; перемена центра приведения; инварианты приведения; приведение системы сил к винту (динаме); частные случаи приведения; теорема Вариньона.

Тема 15. Условия равновесия систем сил.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: условия равновесия пространственной системы сил; условия равновесия плоской системы сил; три формы условий равновесия; условия равновесия системы параллельных сил; равновесие тел при наличии трения.

Тема 16. Центр тяжести и центр масс.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: центр параллельных сил; центр тяжести и центр масс системы материальных точек; центр тяжести тела; вспомогательные методы нахождения центра тяжести; центры тяжести некоторых однородных линий, площадей и объемов; теоремы Гульдена – Паппа.

Тема 17. Дифференциальные уравнения свободного движения материальной точки и механической системы.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: дифференциальные уравнения движения материальной точки при различных способах задания ее движения; две задачи динамики; о решении первой и второй задач динамики точки; дифференциальные уравнения движения механической системы; силы внутренние и внешние; свойства внутренних сил.

Тема 18. Теоремы о количестве движения материальной точки и механической системы.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: определение количества движения материальной точки и системы материальных точек; импульс силы; теоремы о количестве движения материальной точки и механической системы; теорема о движении центра масс системы; первые интегралы или законы сохранения количества движения и движения центра масс; применение теоремы о количестве движения к сплошной среде; теорема Эйлера.

Тема 19. Теоремы о моменте количества движения материальной точки и механической системы.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: момент количества движения точки и системы; теоремы о моменте количества движения материальной точки и механической системы; уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси; законы сохранения – интегралы площадей; теорема о кинетическом моменте в относительном движении системы по отношению к осям Кёнига; вычисление осевых моментов инерции некоторых тел; теорема Штейнера-Гюйгенса о моментах инерции системы относительно параллельных осей.

Тема 20. Теоремы о кинетической энергии материальной точки и механической системы.

В рамках этой темы будут рассмотрены следующие подразделы: работа силы; мощность; кинетическая энергия материальной точки и механической системы; теоремы о кинетической энергии материальной точки и механической системы; потенциальное силовое поле и его свойства; интеграл энергии; потенциальная энергия; теорема о кинетической энергии механической системы при движении ее относительно осей Кёнига.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, выполнения индивидуальных и домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Допуск студентов к экзамену осуществляется только при условии успешного выполнения индивидуальных заданий. Экзамен состоит из двух частей. Первая часть – практическая, в рамках которой студенты должны выполнить индивидуальные задания. Вторая часть – теоретическая, которая проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность экзамена 1.5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Способы задания движения точки.
2. Скорость точки при различных способах задания ее движения.

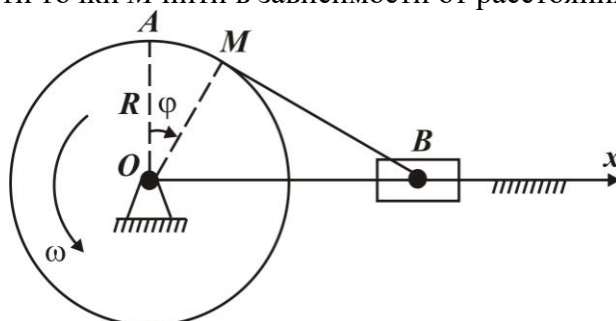
3. Проекция скорости точки на оси криволинейных координат. Проекция скорости точки на оси цилиндрической системы координат. Проекция скорости точки на оси полярной системы координат.
4. Скорость точки в круговом движении.
5. Момент вектора относительно точки и оси. Связь между ними.
6. Секториальная (секторная) скорость точки.
7. Ускорение точки при различных способах задания ее движения.
8. Проекция ускорения точки на оси естественного трехгранника.
9. Скорость и ускорение точки в ее круговом движении.
10. Проекция ускорения точки на оси криволинейных координат.
11. Частные случаи движения точки (прямолинейное движение, криволинейное движение, круговое движение).
12. Определение положения твердого тела. Число степеней свободы.
13. Поступательное движение твердого тела.
14. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси.
15. Плоско-параллельное движение твердого тела. Уравнения плоско-параллельного движения тела. Геометрическое рассмотрение движения плоской фигуры.
16. Скорости точек плоской фигуры.
17. Мгновенный центр скоростей. Нахождение его положение и определение с его помощью скорости произвольной точки плоской фигуры.
18. Определение ускорений точек плоской фигуры.
19. Ускорение мгновенного центра скоростей.
20. Мгновенный центр ускорений. Нахождение ускорения произвольной точки плоской фигуры с его помощью.
21. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки. Уравнения движения тела.
22. Определение скоростей точек тела при сферическом его движении.
23. Ускорение точек тела, вращающегося вокруг неподвижной точки. Теорема Ривальса.
24. Движение свободного твердого тела. Уравнения движения.
25. Скорости точек тела в его свободном движении.
26. Ускорения точек тела в его свободном движении.
27. Сложное движение точки. Определение составных видов движения.
28. Теорема сложения скоростей в сложном движении точки. Производная от вектора, заданного в подвижной системе координат.
29. Теорема сложения ускорений в сложном движении точки – теорема Кориолиса.
30. Сложное движение абсолютно твердого тела. Постановка задачи. Сложение поступательных движений твердого тела.
31. Сложение мгновенных вращательных движений твердого тела (сложение вращательных движений вокруг пересекающихся осей).
32. Сложение мгновенных вращательных движений твердого тела (сложение вращательных движений вокруг параллельных осей).
33. Пара вращений.
34. Сложение мгновенных вращательного и поступательного движений твердого тела (случай ортогональности вектора скорости поступательного движения и мгновенной оси вращения).
35. Сложение мгновенных вращательного и поступательного движений твердого тела (случай параллельности вектора скорости поступательного движения и оси вращения).
36. Сложение мгновенных вращательного и поступательного движений твердого тела (случай произвольной ориентации вектора скорости поступательного движения и мгновенной оси вращения).

37. Приведение системы скользящих векторов к центру. Главный вектор и главный момент. Инварианты приведения системы скользящих векторов.
 38. Приведение систем скользящих векторов к винту. Уравнение центральной оси системы скользящих векторов.
 39. Общий случай сложения мгновенных движений тела.
 40. Основные законы механики.
 41. Задачи статики. Аксиомы статики.
 42. Механические связи. Аксиома связей. Реакции простейших связей.
 43. Сила трения скольжения.
 44. Силы трения качения и верчения.
 45. Трение гибких тел. Формула Эйлера.
 46. Геометрические и аналитические условия равновесия системы сходящихся сил.
- Теорема о трех силах.
47. Система двух параллельных сил.
 48. Пара сил.
 49. Произвольная пространственная система сил. Основная лемма. Приведение пространственной системы сил к центру. Инварианты приведения.
 50. Приведения системы сил к винту (динаме). Частные случаи приведения.
 51. Теорема Вариньона.
 52. Условия равновесия пространственной системы сил.

Примеры индивидуальных заданий из практической части:

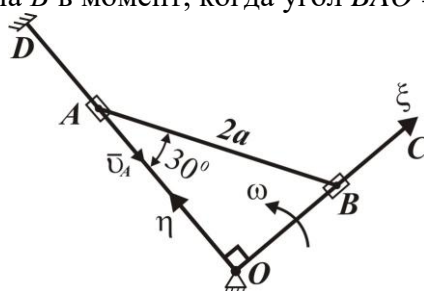
1. Задача.

В механической системе, схема которой изображена на рисунке, ползун B приводится в движение посредством нити, наматывающейся на шкив радиуса R , вращающийся с угловой скоростью ω . Определить скорость ползуна B , абсолютную и относительную скорости точки M нити в зависимости от расстояния $OB = x$.



2. Задача.

Стержень OC вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг неподвижного шарнира O . Стержень AB длины $2a$ соединяет ползуны B и A , скользящие соответственно по стержню OC и неподвижному стержню OD . Ползун A движется относительно стержня OD с постоянной скоростью $v_A = a\omega = \text{const}$. Определить абсолютную скорость и абсолютное ускорение ползуна B в момент, когда угол $BAO = 30^\circ$, а угол AOB прямой.



Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

«Отлично»:

Безошибочно и самостоятельно, логично, в полном объеме излагается теоретико-методологический материал, приводятся примеры, правильно используется научная терминология, без затруднений даются ответы на дополнительные вопросы.

«Хорошо»:

Самостоятельно и логично, но недостаточно в полном объеме излагается теоретико-методологический материал, приводятся примеры, правильно используется научная терминология, без особых затруднений даются ответы на дополнительные вопросы.

«Удовлетворительно»:

Испытывает затруднения при самостоятельном изложении теоретико-методологического материала, но исправляется при ответах на уточняющие вопросы, без серьезных затруднений отвечает на большую часть дополнительных вопросов, приводит примеры с использованием научных терминов.

«Неудовлетворительно»:

Испытывает затруднения при самостоятельном изложении учебного материала, при ответах на уточняющие вопросы не исправляется, путается или большая часть дополнительных вопросов остается без ответов, не приводит примеры.

Экзамен в четвертом семестре проводится в письменной форме по билетам. Допуск студентов к экзамену осуществляется только при условии успешного выполнения индивидуальных заданий. Экзамен состоит из двух частей. Первая часть – практическая, в рамках которой студенты должны выполнить индивидуальные задания. Вторая часть – теоретическая, которая проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность экзамена 1.5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Условия равновесия пространственной системы сил. Три формы условий равновесия плоской системы сил.
2. Условия равновесия системы параллельных сил.
3. Центр параллельных сил.
4. Центр тяжести и центр масс системы материальных точек. Центр тяжести тела.
5. Вспомогательные методы нахождения центра тяжести.
6. Теоремы Гульдена–Паппа.
7. Дифференциальные уравнения движения материальной точки при различных способах задания ее движения. Две задачи динамики.
8. О решении первой и второй задач динамики точки.
9. Дифференциальные уравнения движения механической системы. Силы внутренние и внешние. Свойства внутренних сил.
10. Количество движения материальной точки и системы материальных точек. Импульс силы.
11. Теоремы о количестве движения материальной точки и механической системы.
12. Теорема о движении центра масс системы. Первые интегралы или законы сохранения количества движения и движения центра масс.
13. Применение теоремы о количестве движения к сплошной среде. Теорема Эйлера.
14. Момент количества движения точки и системы. Оси Кёнига. Теорема Кёнига.
15. Теоремы о моменте количества движения материальной точки и механической системы. Уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.
16. Законы сохранения – интегралы площадей.

17. Теорема о кинетическом моменте в относительном движении системы по отношению к осям Кёнига.

18. Вычисление осевых моментов инерции некоторых тел (момент инерции однородного стержня и однородного кольца).

19. Теорема Штейнера – Гюйгенса о моментах инерции системы относительно параллельных осей.

20. Работа силы. Мощность. Работа сил тяжести. Работа сил при плоско-параллельном движении тела.

21. Работа силы. Мощность. Работа сил при вращении вокруг неподвижной точки. Работа упругой силы.

22. Кинетическая энергия материальной точки и механической системы. Теорема Кёнига.

23. Теоремы о кинетической энергии материальной точки и механической системы.

24. Потенциальное силовое поле и его свойства.

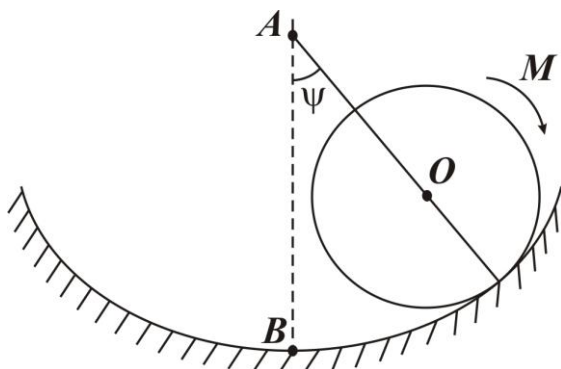
25. Интеграл энергии. Потенциальная энергия.

26. Теорема о кинетической энергии механической системы при движении ее относительно осей Кёнига.

Примеры индивидуальных заданий из практической части:

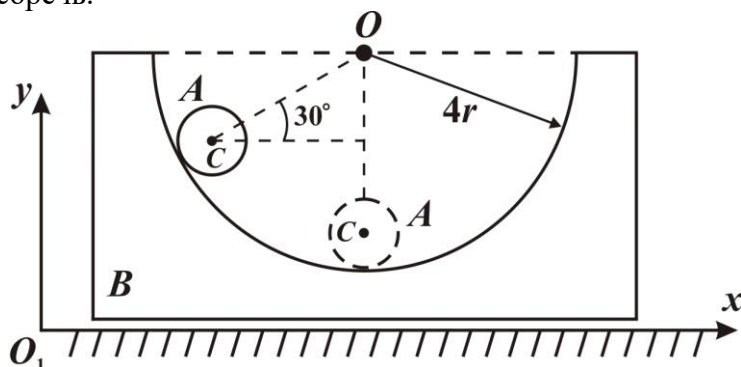
1. Задача.

К автомобильному колесу веса Q и радиуса r , попавшему на дороге в ямку, прикладывается крутящий момент M . Коэффициент трения между колесом и грунтом дороги равен f . Найти наименьшее значение момента M , при котором не будет пробуксовки колеса.



2. Задача.

Однородный цилиндрический каток A массой m и радиусом r скатывается без скольжения по цилиндрической поверхности радиусом $4r$ тела B , масса которого равна $5m$. В начальный момент времени оба тела покоились и оси C и O находились на прямой, составляющей угол 30° с горизонталью. Определить скорость тела B в тот момент, когда ось C проходит свое нижнее положение. Трением тела B о неподвижную горизонтальную поверхность пренебречь.



Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

«Отлично»:

Безошибочно и самостоятельно, логично, в полном объеме излагается теоретико-методологический материал, приводятся примеры, правильно используется научная терминология, без затруднений даются ответы на дополнительные вопросы.

«Хорошо»:

Самостоятельно и логично, но недостаточно в полном объеме излагается теоретико-методологический материал, приводятся примеры, правильно используется научная терминология, без особых затруднений даются ответы на дополнительные вопросы.

«Удовлетворительно»:

Испытывает затруднения при самостоятельном изложении теоретико-методологического материала, но исправляется при ответах на уточняющие вопросы, без серьезных затруднений отвечает на большую часть дополнительных вопросов, приводит примеры с использованием научных терминов.

«Неудовлетворительно»:

Испытывает затруднения при самостоятельном изложении учебного материала, при ответах на уточняющие вопросы не исправляется, путается или большая часть дополнительных вопросов остается без ответов, не приводит примеры.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=12625>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Шеремет М.А., Штанько В.А. Основы курса теоретической механики: учебное пособие. – Том. 1: Кинематика. Статика. – Томск: Томский государственный университет, 2012. – 214 с.

– Шеремет М.А., Штанько В.А. Основы курса теоретической механики: учебное пособие. – Том. 2: Динамика. – Томск: Томский государственный университет, 2012. – 336 с.

– Шеремет М.А., Штанько В.А. Основы курса теоретической механики: учебное пособие. – Том. 3: Аналитическая механика. – Томск: Томский государственный университет, 2013. – 232 с.

– Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. – М.: Наука, 1975. – Т. 1. – 512 с.

– Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. – М.: Наука, 1975. – Т. 2. – 608 с.

– Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. – М.: Наука, 1973. – Т. 3. – 488 с.

– Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – М.: Наука, 1981. – 480 с.

б) дополнительная литература:

– Бухгольц Н.Н. Основы курса теоретической механики. – Часть 1. Кинематика, статика, динамика материальной точки. – СПб.: Изд-во «Лань», 2009. – 480 с.

– Бухгольц Н.Н. Основы курса теоретической механики. – Часть 2. Динамика системы материальных точек. – СПб.: Изд-во «Лань», 2009. – 336 с.

- Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. – Том 1: Статика и кинематика. – М.: Изд-во «Дрофа», 2006. – 447 с.
- Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. – Том 2: Динамика. – М.: Изд-во «Дрофа», 2006. – 720 с.
- Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1998. – 416 с.
- Томилов Е.Д. Теоретическая механика. – Часть 1. – Томск: Издательство Томского университета, 1966. – 304 с.
- Томилов Е.Д. Теоретическая механика. – Часть 2. – Томск: Издательство Томского университета, 1970. – 317 с.
- в) ресурсы сети Интернет:
 - открытые онлайн-курсы
 - «Вестник Томского государственного университета. Математика и механика» <http://journals.tsu.ru/mathematics/>

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
 - MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint;
 - публично доступные облачные технологии (Яндекс диск).
- б) информационные справочные системы:
 - Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
 - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
 - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

- Аудитории для проведения занятий лекционного типа.
- Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.
- Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Шеремет Михаил Александрович, д.ф.-м.н., профессор, кафедра теоретической механики, заведующий кафедрой