

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»**

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
Теоретическая механика**

для специальности 140106.65 «Энергообеспечение предприятий»
Квалификация (степень) выпускника: специалист - инженер

Благовещенск 2012 г.

УМКД разработан канд. техн наук, доцентом Луганцевой Татьяной
Анатольевной

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры АППиЭ
Протокол заседания кафедры от « 23 » января 2012 г. № 5
Зав. кафедрой _____ /А.Н. Рыбалев/

УТВЕРЖДЕН

Протокол заседания УМСС по направлению подготовки

140100.65 «Теплоэнергетика» от « 02 » февраля 2012 г. № 6

Председатель УМСС _____ /Ю.В. Мясоедов/

СОДЕРЖАНИЕ

1. Рабочая программа дисциплины	4
2. Краткое изложение программного материала	16
2.1. План-конспект лекций	16
2.2. Методические рекомендации по изучению дисциплины	36
2.2.1. Методические рекомендации по изучению дисциплины (теоретический материал)	36
2.2.2. Методические рекомендации по изучению дисциплины (практические занятия)	36
2.2.3. Методические рекомендации по изучению дисциплины (внеаудиторная работа)	55
2.2.4. Методические рекомендации по изучению дисциплины (подготовка к экзамену)	56
2.3. Контроль знаний	56
2.3.1. Тестовый контроль (примеры)	58
3. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	65
4. Материально-техническое обеспечение дисциплины	65

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ В.В. Проказин

«_____» _____ 2011 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

теоретическая механика

для специальностей:

140101.65 «Тепловые электрические станции»

140106.65 «Энергообеспечение предприятий»

курс 2, семестр 3,4

Лекции 36 час. Зачет 3 семестр

Практические занятия 18 час.

Самостоятельная работа 18 час.

Лекции 36 час. Экзамен 4 семестр

Практические занятия 18 час.

Курсовая работа 4 семестр - 30 час.

Самостоятельная работа 24 час.

Всего часов 180

Составитель Т.А. Луганцева, доцент

Факультет энергетический

Кафедра АППиЭ

2011 г.

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта ВПО (регистрационный номер 214 тех/дс) по направлению подготовки дипломированного специалиста по специальности 140106.65 «Энергообеспечение»

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника»
« ____ » _____ 20 ____ г. протокол № ____

Заведующий кафедрой _____ А.Н. Рыбалёв

Рабочая программа переутверждена на заседании кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника»
« ____ » _____ 2011 г. протокол № ____

Заведующий кафедрой _____ А.Н. Рыбалёв

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методического совета по направлению 140100 «Теплоэнергетика»
" ____ " _____ 20 ____ г., протокол № ____

Председатель _____ Ю.В.Мясоедов

СОГЛАСОВАНО

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое
управления

Председатель УМС ЭФ

_____ Ю.В. Мясоедов

" ____ " _____ 20 ____ г.

" ____ " _____ 20 ____ г.

СОГЛАСОВАНО

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

Директор научной библиотеки

_____ Ю.В.Мясоедов

_____ Л.А.Проказина

" ____ " _____ 20 ____ г.

" ____ " _____ 20 ____ г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью данной дисциплины является изучение общих законов, которым подчиняются движение и равновесие материальных тел и возникающие при этом взаимодействия между телами.

1.2. Задачи изучения дисциплины

В итоге изучения курса теоретической механики студент должен знать основные понятия и законы механики и вытекающие из этих законов методы изучения равновесия и движения материальной точки, твердого тела и механической системы. Понимать те методы механики, которые применяются в прикладных дисциплинах, уметь прилагать полученные знания для решения соответствующих конкретных задач техники, самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем, квалифицированно применяя при этом основные алгоритмы высшей математики и используя возможности современных компьютеров и информационных технологий.

"Теоретическая механика" - одна из фундаментальных естественнонаучных дисциплин физико-математического цикла. На материале теоретической механики базируются дисциплины (или разделы дисциплин) "Сопротивление материалов", "Прикладная механика", "Теория механизмов и машин", "Детали машин", "Гидравлика", а также большое число специальных инженерных дисциплин, посвященных изучению динамики и управления машин, методов расчета и эксплуатации различных машин и сооружений. Изучение теоретической механики дает также тот минимум фундаментальных знаний, на основе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать новой информацией, с которой ему придется столкнуться в производственной и научной деятельности.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Федеральный компонент

ЕНФ.06 Теоретическая механика:

аксиомы статики; момент силы относительно точки и относительно оси; главный вектор и главный момент системы сил; пара сил; эквивалентные пары; произвольная система сил; уравнение равновесия произвольной системы сил в пространстве и на плоскости;

кинематика точки; способы задания движения точки; теорема о скорости и ускорении точки в сложном движении; кинематика твердого тела; поступательное движение твердого тела; вращение твердого тела вокруг неподвижной оси; движение твердого тела с неподвижной точкой; произвольное движение твердого тела; теорема о проекциях скоростей; плоское движение твердого тела;

основные понятия динамики; законы механики Ньютона; дифференциальные уравнения движения; основные задачи динамики материальной точки; задача Коши; уравнение движения системы материальных точек; принцип Даламбера для системы материальных точек; метод кинестатики;

общее уравнение динамики (уравнение Лагранжа-Даламбера); принцип возможных перемещений; кинетическая энергия механической системы; теорема Кёнига; обобщенные координаты; дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах (уравнение Лагранжа второго рода); уравнение равновесия в обобщенных

координатах; потенциальное силовое поле; примеры потенциальных полей; уравнение Лагранжа второго рода для консервативных механических систем.

2.2. Содержание разделов дисциплины (лекции)

2.2.1. Теоретическая механика как предмет. Статика. Основные понятия и определения статики. Основные задачи статики. Аксиомы статики. Связи и реакции связей.

Объем - 2 часа.

2.2.2. Система сходящихся сил и ее равнодействующая. Условия равновесия пучка сил.

Объем - 2 часа.

2.2.3. Плоская система сил. Моменты силы относительно точки. Пары сил и их свойства. Приведение плоской системы сил к простейшему виду. Условие равновесия плоской системы сил.

Объем - 4 часа.

2.2.4. Расчет плоских ферм.

Объем - 2 часа.

2.2.5. Пространственная система сил. Моменты силы относительно оси. Приведение системы сил к данному центру. Основная теорема статики. Условия и уравнения равновесия.

Объем - 4 часа.

2.2.6. Центр тяжести.

Объем - 2 часа.

2.2.7. Трение покоя, скольжения, качения. Равновесие при наличии трения.

Объем - 2 часа.

2.2.8. Введение в кинематику. Кинематика материальной точки. Векторный и координатные способы задания движения точки.

Объем - 2 часа.

2.2.9. Кинематика твердого тела. Поступательное движение твердого тела. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси.

Объем - 2 часа.

2.2.10. Плоское движение твердого тела. Определение скоростей и ускорений точек при плоском движении.

Объем - 4 часа.

2.2.11. Сферическое движение твердого тела (движение твердого тела с одной неподвижной точкой).

Объем - 2 часа.

2.2.12. Произвольное движение твердого тела.

Объем - 2 часа.

2.2.13. Сложное движение материальной точки.

Объем - 2 часа.

2.2.14. Сложные движения твердого тела.

Объем - 4 часа.

2.2.15. Законы Галилея-Ньютона. Первая и вторая задачи динамики. Задача Коши. Инерциальная и неинерциальная системы отсчета. Дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки в декартовых и естественных координатах.

Объем - 2 часа.

2.2.16. Введение в динамику механической системы. Силы внешние и внутренние. Инерционные характеристики механической системы: масса и центр масс; моменты инерции.

Объем - 4 часа.

2.2.17. Общие теоремы динамики механической системы: теорема о движении центра масс; теорема об изменении количества движения, теорема об изменении кинетической энергии, теорема об изменении кинетического момента; законы сохранения.

Объем - 8 часов.

2.2.18. Потенциальное силовое поле, примеры потенциальных систем. Потенциальная энергия механической системы.

Объем - 2 часа.

2.2.19. Дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоского движения твердого тела. Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек.

Объем - 2 часа.

2.2.20. Принцип Даламбера для точки и механической системы. Приведение сил инерции. Главный вектор и главный момент сил инерции. Метод кинетостатики.

Объем - 4 часа.

2.2.21. Аналитические связи. Перемещения возможные и действительные. Элементарная работа силы. Принцип возможных перемещений. Принцип Даламбера-Лагранжа. Общее уравнение динамики.

Объем - 4 часа.

2.2.22. Обобщенные координаты скорости, силы и способы их вычисления. Условия равновесия системы в обобщенных координатах. Уравнения Лагранжа II рода (дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах). Функция Лагранжа II рода для консервативных механических систем.

Объем - 4 часа.

2.2.23. Малые колебания. Устойчивость равновесия. Колебания систем с одной и несколькими степенями свободы.

Объем - 6 часов.

2.3. Содержание разделов дисциплины (практические занятия)

Цель практических занятий – научить динамическому и математическому моделированию статических и динамических процессов, происходящих в механических системах, на примере решения типовых задач.

В статике научить:

- правильно выбирать объекты, равновесие которых необходимо (удобно) рассмотреть для определения неизвестных параметров;

- правильно и быстро определить виды условий равновесия разных систем сил, составить их и решить;

- пониманию эквивалентного преобразования систем сил, правильному упрощению разных типов систем сил.

В кинематике научить:

- представлять различные типы движения твердого тела и уметь анализировать кинематические характеристики точки и твердого тела;

- умению моделировать многообразные механические системы и анализировать их кинематические свойства;

- решать многообразные кинематические задачи для точки, абсолютно твердого тела, используя теорию сложения движений.

В динамике научить:

-умению объединять знания по статике, кинематике, необходимым разделам математики с достаточно сложными понятиями динамики для анализа изученных и новых моделей механических систем.

2.3.1. Система сходящихся сил. Решение задач [3.1.2] 2.6; 2.29; 6.3; 6.10; 2.10; 6.5.

Объем - 2 часа.

2.3.2. Плоская система сил. Сочлененные конструкции. Решение задач [3.1.2] 3.16; 4.15; 4.26; 4.28; 4.42; 3.37; 4.32; 4.33.

Объем - 2 часа.

2.3.3. Пространственная система сил. Решение задач [3.1.2] 7.11; 8.16; 8.17; 8.28.

Объем - 2 часа.

2.3.4. Центр тяжести. Трение. Решение задач [3.1.2] 9.2; 9.6; 9.10; 9.19; 5.4; 5.11; 5.21; 5.39.

Объем - 2 часа.

2.3.5. Кинематика точки. Решение задач [3.1.2] 10.2; 10.12; 12.11; 12.27.

Объем - 2 часа.

2.3.6. Поступательное и вращательное движения. Решение задач [3.1.2] 13.15; 13.17; 13.18; 14.5.

Объем - 2 часа.

2.3.7. Плоское движение. Решение задач [3.1.2] 16.31; 16.34; 18.9; 18.13; 18.23; 18.26.

Объем - 2 часа.

2.3.8. Сложное движение точки. Решение задач [3.1.2] 21.10; 22.14; 23.18; 23.27; 23.46; 23.48; 23.56.

Объем - 2 часа.

2.3.9. Сложное движение твердого тела. Решение задач [3.1.2] 24.1; 24.8; 24.12; 24.17; 25.9.

Объем - 2 часа.

2.3.10. Первая задача динамики. Вторая задача динамики. Решение задач [3.1.2] 26.2; 26.8; 26.9; 26.24; 26.26; 26.27; 27.5; 27.7; 27.17; 27.40.

Объем - 2 часа.

2.3.11. Теорема о движении центра масс. Теорема об изменении количества движения. Решение задач [3.1.2] 35.1; 35.4; 35.5; 35.6; 35.20; 35.21; 35.10; 28.6; 28.9; 28.12; 36.3; 36.9; 36.11.

Объем - 2 часа.

2.3.12. Теорема об изменении кинетической энергии. Решение задач [3.1.2] 30.4; 30.5; 30.11; 38.30; 38.31.

Объем - 2 часа.

2.3.13. Теорема об изменении кинетического момента. Решение задач [3.1.2] 28.4; 28.8; 37.6; 37.51; 37.56.

Объем - 2 часа.

2.3.14. Принцип возможных перемещений. Решение задач [3.1.2] 46.3; 46.8; 46.10; 46.14.

Объем - 2 часа.

2.3.15. Принцип Даламбера. Решение задач [3.1.2] 41.4; 41.8;

41.16; 41.17.

Объем - 2 часа.

2.3.16. Общее уравнение динамики. Решение задач [3.1.2] 47.13; 47.35; 47.44.

Объем - 2 часа.

2.3.17. Уравнение Лагранжа. Решение задач [3.1.2] 48.13; 48.35; 48.44.

Объем - 2 часа.

2.3.18. Малые колебания. Решение задач [3.1.2] 54.2; 54.3; 54.4; 54.5; 54.6.

Объем - 2 часа.

3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Целью самостоятельной работы является закрепление полученных теоретических и практических знаний по курсу теоретической механики, выработка навыков самостоятельной работы и умение применять полученные знания.

Видами самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины являются освоение и проработка тем лекционного материала, выполнение и подготовка к защите домашних работ, выполнение и защита курсовой работы. Формой итогового контроля является экзамен. Студенты допускаются до экзамена только после выполнения и защиты всех видов самостоятельной работы, предусмотренных рабочей программой.

В течение семестра до начала сессии возможна организация консультаций или дополнительных занятий. При этом консультации или дополнительные занятия со студентами проводятся только при выделении нагрузки (часов) для организации данного вида работы. В случае отсутствия нагрузки для организации данного вида работы консультации и дополнительные занятия не проводятся, а студенты выполняют все виды работ самостоятельно.

3.1. Тематика домашних заданий

Домашние задания проводятся с целью практической проработки разделов дисциплины, что способствует закреплению, углублению и обобщению теоретических знаний, развивает творческую инициативу и самостоятельность, повышает интерес к изучению дисциплины и прививает навыки научно-исследовательской работы.

Подготовка к защите домашних заданий осуществляется каждым студентом самостоятельно и включает проработку разделов лекционного материала, охватывающего тему данной работы, выполнение домашних заданий и оформление пояснительной записки в соответствии с требованиями. Пояснительная записка оформляется на листах белой бумаги форматом А 4 и включает следующие разделы: титульный лист, задание, решение задач и пояснения к ним, содержащие необходимые уравнения, выводы соответствующих зависимостей, теоремы и расчеты, сопровождаемые требуемыми графическими иллюстрациями. При выполнении пояснительной записки допускается использование ПЭВМ.

Самостоятельные работы, оформленные небрежно и без соблюдения предъявляемых к ним требований, не рассматриваются и не засчитываются.

Домашние работы по дисциплине выполняются каждым студентом в рамках самостоятельной работы по следующим темам:

С-1.1. Определение равнодействующей системы сходящихся сил аналитическим и графическим методом.

С-1.2. Определение реакций опор в системе сходящихся сил.

С-2. Определение реакций опор твердого тела (плоская система сил.)

С-3. Определение реакций опор составной конструкции (система двух тел).

- С-4. Определение реакций опор и сил в стержнях плоской фермы.
С-7. Определение реакций опор твердого тела (пространственная система сил.)
С-8. Определение положения центра тяжести тела.
К-1. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки по заданным уравнениям ее движения.
К-2. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях.
К-3. Кинематический анализ плоского механизма.
К-4. Определение скоростей точек при плоском движении.
К-9. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае поступательного переносного движения.
К-10. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае вращательного переносного движения.

3.2 Курсовая работа

Тема курсовой работы "Исследование динамики механической системы".

Целью курсовой работы является определение законов движения тел, образующих механическую систему, и реакции связи с помощью:

- дифференциальных уравнений движения механической системы;
- теоремы об изменении количества движения;
- теоремы об изменении кинетической энергии в интегральном виде;
- теоремы об изменении кинетической энергии в дифференциальном виде;
- общего уравнения динамики;
- уравнения Лагранжа II рода;

Задания на курсовую работу утверждаются кафедрой ежегодно.

3.3 Требования к защите домашних заданий и курсовых работ

При защите домашних заданий и курсовых работ студент должен уметь:

- четко сформулировать поставленную задачу (что дано, что требуется найти);
- объяснить каким методом пользовался при решении задачи (сформулировать его, указать основные свойства, область применимости);
- знать основные используемые формулы и определения;
- рассказать последовательность решения задачи (общий план и особенности варианта);
- объяснить полученный результат (если требуется провести его анализ);
- отвечать на дополнительные вопросы по теме расчетно-графической работы;
- отстаивать свою точку зрения при объяснении.

4. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В качестве основной используется традиционная технология изучения материала, предполагающая живое общение преподавателя и студента.

В учебном процессе, помимо чтения лекций и проведения практических занятий, на которых решаются задачи по конкретной тематике (в том числе рассматриваются домашние работы), проводится подготовка докладов по углубленному анализу сложных разделов или задач теоретической механики, решение задач олимпиадного типа, что способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

При изучении дисциплины «Механика» применяются следующие интерактивные технологии: метод заданий, метод дебатов, метод презентации информации.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний (Контрольные работы)

5.1.1. Контрольная работа N 1. Защита расчетно-графических работ по разделу "Кинематика".

5.1.2. Контрольная работа N 2. Защита расчетно-графических работ по разделу "Статика".

5.1.3. Контрольная работа N 3. Защита расчетно-графических работ по разделу "Динамика".

5.2 Тестирование по темам:

Тест 1 «Основные понятия статики».

Тест 2 «Аксиомы статики».

Тест 3 «Связи и реакции связей

Тест 5 «Плоская система сил».

Тест 6 «Пространственная система сил».

Тест 7 «Приведение пространственной системы сил к простейшему виду»

Тест 8 «Кинематика точки».

Тест 9 «Простейшие движения абсолютно твердого тела».

Тест 10 «Плоское движение абсолютно твердого тела».

Тест 11 «Сложное движение точки».

Тест 12 «Динамика материальной точки».

Тест 13 «Динамика механической системы».

5.3 Контрольные вопросы к практическим занятиям

ТЕМА 2.

1. Приведите определение системы сходящихся сил.
2. Что называется главным вектором системы сходящихся сил?
3. Для какой системы сил равнодействующая и главный вектор совпадают?
4. Назовите методы определения равнодействующей системы сходящихся сил.
5. Как выражаются проекции равнодействующей системы сходящихся сил через проекции сил этой системы?
6. Назовите необходимое и достаточное условие равновесия системы сходящихся сил.
7. Что такое силовой многоугольник? Как определяется направление равнодействующей системы сходящихся сил при построении силового многоугольника?
8. Запишите условие равновесия системы сходящихся сил в векторной форме.
9. Какие задачи позволяют решать условия равновесия системы сходящихся сил?
10. Сформулируйте теорему о трех силах.
11. При каком условии три непараллельные силы, приложенные к твердому телу, уравновешиваются?
12. Возможно ли равновесие трех сходящихся сил, не лежащих в одной плоскости?
13. Как формулируется алгоритм решения задач статики на равновесие системы сходящихся сил?

5.4 Вопросы к экзамену

5.4.1. СТАТИКА

1. Основные понятия и определения статики: понятие абсолютно твердого тела, материальной точки, силы и системы сил.
2. Аксиомы статики.
3. Связи и реакции связей.
4. Приведение системы сходящихся сил к равнодействующей.
5. Условия равновесия системы сходящихся сил в геометрической и аналитической форме.
6. Теорема о трех непараллельных силах.
7. Расчет усилий в стержнях способом Риттера. Пример.
8. Расчет фермы способом вырезания узлов. Пример.
9. Момент силы относительно точки. Вектор момента силы.
10. Понятие пары сил. Теорема о моменте пары. Момент пары как вектор.
11. Теорема о переносе пары сил в ее плоскости и об эквивалентности двух пар.
12. Сложение пар сил, лежащих в одной плоскости. Условие равновесия плоской системы пар.
13. Теорема о переносе пары сил в параллельную плоскость.
14. Сложение пар сил в пространстве. Условие равновесия пространственной системы пар сил.
15. Приведение плоской системы сил к простейшему виду методом Пуансо.
16. Приведение плоской системы сил к одной силе - равнодействующей.
17. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей.
18. Частные случаи приведения плоской системы сил.
19. Условия равновесия плоской системы сил. Равновесие системы параллельных сил.
20. Различные формы уравнений равновесия плоской системы сил.
21. Трение. Равновесие при наличии трения скольжения. Угол и конус трения.
22. Трение качения.
23. Момент силы относительно оси.
24. Зависимость между моментами силы относительно оси и относительно точки на оси.
25. Приведение пространственной системы к простейшему виду. Главный вектор и главный момент.
26. Изменение главного момента при перемене центра приведения. Инварианты системы сил.
27. Случай приведения пространственной системы к одной паре.
28. Приведение пространственной системы сил к одной силе - равнодействующей.
29. Приведение системы сил к динамическому винту.
30. Условие равновесия произвольной пространственной системы сил.
31. Условия равновесия пространственной системы параллельных сил.
32. Приведение системы параллельных сил к равнодействующей. Центр параллельных сил.
33. Центр тяжести тела, объема, площади, линии.
34. Аналитический способ определения положения центра системы параллельных сил.

5.4.2. КИНЕМАТИКА

1. Основные понятия и определения кинематики.
2. Способы задания движения точки.
3. Скорость и ускорение точки при задании ее движения векторным способом.
4. Скорость и ускорение точки при задании ее движения естественным способом.
5. Скорость и ускорение точки при задании ее движения в декартовых координатах.
6. Частные случаи описания движения твердого тела.
7. Поступательное движение твердого тела. Уравнения движения. Вращательное движение и его характеристики.
8. Линейная скорость и ускорения точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Формула Эйлера.

9. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела. Способы передачи вращательного движения.
10. Понятие абсолютного, относительного и переносного движения. Теорема сложения скоростей. Теорема сложения ускорений при поступательном переносном движении.
11. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса). Определение направления кориолисова ускорения.
12. Плоскопараллельное движение. Уравнение движения плоской фигуры.
13. Определение скорости любой точки плоской фигуры как геометрической суммы скорости полюса и скорости этой точки при вращении фигуры вокруг полюса. Мгновенный центр скоростей.
14. Определение ускорения любой точки плоской фигуры как геометрической суммы ускорения полюса и ускорения этой точки при вращении фигуры вокруг полюса.
15. Углы Эйлера. Уравнения вращения твердого тела вокруг неподвижной точки.
16. Теорема о конечном перемещении твердого тела, имеющего одну неподвижную точку. Мгновенная ось вращения.
17. Угловая скорость и угловое ускорение при вращении тела вокруг неподвижной точки.
18. Линейные скорости и ускорения тела при сферическом движении.
19. Разложение движения свободного твердого тела на поступательное и сферическое. Уравнения движения, скорости и ускорения точек свободного твердого тела в общем случае.
20. Сложные поступательные движения.
21. Сложные вращательные движения твердого тела.
22. Приведение мгновенных поступательных и вращательных движений твердого тела.

5.4.3. ДИНАМИКА

1. Введение в динамику. Предмет динамики. Пространство, время в законах Ньютона. Инерциальная система отсчета. Задачи динамики.
2. Основные законы динамики. Классификация систем сил. Две основные задачи динамики точки. Алгоритм решения 2-ой основной задачи динамики точки.
3. Дифференциальные уравнения движения свободной и несвободной материальной точки.
4. Введение в динамику механической системы. Понятие механической системы. Силы внешние и внутренние. Свойства внутренних сил. Масса системы. Центр масс.
5. Дифференциальные уравнения движения механической системы.
6. Теорема о движении центра масс. Дифференциальные уравнения движения центра масс. Закон сохранения движения центра масс.
7. Количество движения точки и механической системы. Теорема об изменении количества движения системы в дифференциальной и интегральной формах. Закон сохранения количества движения системы.
8. Моменты инерции (полярный, осевой, плоскостные) и их взаимосвязь. Радиус инерции. Центробежные моменты инерции. Главная ось инерции. Момент инерции относительно произвольной оси инерции. Эллипсоид.
9. Теорема о моментах инерции относительно параллельных осей. Теорема о моменте инерции плоской фигуры.
10. Примеры вычисления моментов инерции тонкого однородного стержня, кольца, сплошного однородного диска (цилиндра).
11. Момент количества движения точки. Главный момент количества движения системы относительно центра и оси. Теорема об изменении кинетического момента.

12. Закон сохранения кинетического момента. Главный момент количества движения вращающегося тела. Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.
13. Кинетическая энергия материальной точки, механической системы и твердого тела при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движении.
14. Элементарная работа силы. Работа силы на конечном перемещении.
15. Работа силы тяжести, работа силы упругости. Работа и мощность сил, приложенных к твердому телу при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях.
16. Потенциальное силовое поле и его свойства.
17. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы. Алгоритм решения задач для неизменяемой системы.
18. Принцип Даламбера для механической системы. Определение главного вектора и главного момента сил инерции при различных движениях твердого тела.
19. Определение динамических реакций подшипников при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси.
20. Классификация связей. Уравнение связей. Возможные перемещения точки и системы. Вариация функции.
21. Работа силы на возможном перемещении. Идеальные связи. Принцип возможных перемещений. Примеры определения реакций связей.
22. Общее уравнение динамики. Алгоритм решения задач.
23. Обобщенные координаты и число степеней свободы.
24. Понятие обобщенной силы. Способы вычисления обобщенных сил.
25. Уравнения Лагранжа 2-го рода.
26. Малые колебания. Устойчивость равновесия.
27. Свободные колебания для систем с одной степенью свободы: собственные и затухающие.
28. Свободные колебания для систем с двумя степенями свободы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Теоретическая механика»

а) основная литература:

1. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики: учеб. пособие: В 2 т.: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004. - 730 с.: (и предыдущие издания).
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учебник. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2002, 2003, 2006 – 416 с. (и предыдущие издания).
4. Яблонский А.А. и др. Курс теоретической механики. учеб. пособие: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004, 2001, 2002. - 765 с.: (и предыдущие издания).

б) дополнительная литература

1. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учеб. пособие: Доп. Мин. обр. СССР / Ред. А.А. Яблонский/. - М.: Интеграл-Пресс, 2004. - 382 с. (и предыдущие издания).
2. Диевский В.А. Теоретическая механика: сб. заданий: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2007. - 192 с.
3. Диевский В.А. Теоретическая механика: учеб. пособие: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2005. - 320 с.
4. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике: Учеб. пособие: рек.. Мин. обр. РФ/ М.: Высш. шк. 2002. – 336 с.
5. Цывильский В.Л. Теоретическая механика: Учеб. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2001, 2008. – 319 с.

в) **программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Электронный ресурс библиотеки АмГУ: <http://www.amursu.ru/>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретическая механика»

1. Модели рычажных и зубчатых механизмов.
2. Тесты по темам.
3. Учебный видеофильм "Динамика",
4. Программы расчета на ПЭВМ.
5. Плакаты по теоретической механике.

2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОГРАММНОГО МАТЕРИАЛА

2.1 План-конспект лекций

ЛЕКЦИЯ 1

Тема: Введение в статику.

Цель лекции: структурный анализ курса теоретической механики. Знакомство с видами связей и их реакциями.

План лекции:

Введение. Предмет и значение теоретической механики в формировании инженера – энергетика и ее место среди других естественных и технических наук. Краткий исторический очерк развития механики. Основные понятия: механическое движение, равновесие, пространство, время, системы отсчета. Состояние материальных объектов: покой, движение. Метод научной абстракции в теоретической механике. Модели материального объекта: материальная точка, абсолютно твердое тело, системы материальных точек, механическая система. Величины векторные и скалярные.

Статика. Статика как раздел теоретической механики. Задачи статики. Основные понятия и определения статики: сила и система сил. Виды сил: равнодействующая и уравновешивающая, внешние и внутренние, сосредоточенные и распределенные, активные и пассивные. Системы сил: эквивалентные и уравновешенные, сходящаяся, параллельная, плоская и пространственная.

Аксиомы статики:

- аксиома 1 – Принцип инерции;
- аксиома 2 – Принцип равенства двух сил;
- аксиома 3 – присоединения и исключения взаимоуравновешивающих сил;
- аксиома 4 - определяет правило сложения двух сил (правило параллелограмма, правило «силового» треугольника);
- аксиома 5 – Принцип действия и противодействия;
- аксиома 6 – о равновесии деформируемого абсолютно твердого тела (о затвердевании).

Связи и реакции связей. Свободные и несвободные тела. Понятие связей. Принцип освобожденности от связей (аксиома - 7). Связи в геометрической статике и их классификация. Реакции связей. Связи, для которых можно указать заранее их направление. (Первая группа связей: идеально гладкая плоскость или поверхность, опора на острие, шарнирно-подвижная опора. Вторая группа связей: невесомый стержень, скользящая заделка, двойная скользящая заделка). Связи, для которых нельзя указать заранее их направления - шарнирно-неподвижная опора, подшипники, подпятники, балка консоль. Теорема о трех силах.

Ключевые вопросы

1. Приведите определение понятия «сила». Перечислите признаки, характеризующие силу.
2. Назовите единицы измерения силы в системах СИ, МКГСС и СГС.
3. Что называется системой сил?
4. Приведите примеры сосредоточенных и распределенных сил.
5. Что называется равнодействующей системы сил?
6. Какая сила называется уравнивающей?
7. Дайте определение внешней и внутренней силы.
8. Сформулируйте аксиому о равновесии двух сил.
9. Какие системы сил называются статически эквивалентными?
10. Назовите простейшую систему сил эквивалентную нулю.
11. В чем сущность аксиомы присоединения и исключения уравновешенной системы сил?
12. В чем физический смысл аксиомы отвердевания?
13. Сформулируйте правило параллелограмма сил.
14. Что выражает аксиома инерции?
15. Приведите формулировку аксиомы равенства действия и противодействия.
16. Свободным или несвободным телом является намагниченная металлическая пластинка, повисшая между полюсами постоянного магнита? лежащая на столе?
17. Что называется связью? В чем заключается сущность принципа освобожденности от связей? Какое практическое значение имеет этот принцип? Привести пример.
18. Что такое реакция связи?
19. К какому объекту приложены силы реакции?
20. Что такое активные силы и реакции связей? Так как реакция связи - это сила, то верно ли положение: связь и сила понятия эквивалентные? Привести пример.
21. Перечислите основные виды связей, для которых заранее известно направление силы реакции.
22. Назовите связи, для которых заранее известна точка приложения реакции, но не ее направление.
23. Как классифицируются основные типы опор, применяемых в технике?
24. Что называется усилием в стержне?
25. Что называется натяжением нити?
26. В каких случаях не нарушится равновесие тела, если отбросить связи?

ЛЕКЦИЯ 2

Тема: Система сходящихся сил.

Цель лекции: Знакомство с системой сходящихся сил и способами ее приведения к простейшему виду.

План лекции:

Система сходящихся сил. Геометрический способ приведения системы сходящихся сил к простейшему виду. Равнодействующая системы сходящихся сил. Силовой многоугольник. Аналитический способ приведения системы сходящихся сил к простейшему виду. Проекция системы сходящихся сил на координатные оси. Условия и уравнения равновесия системы сходящихся сил. Понятие главного вектора системы сходящихся сил. Теоремы о трех силах.

Ключевые вопросы

1. Приведите определение системы сходящихся сил.
2. Что называется главным вектором системы сходящихся сил?

3. Для какой системы сил равнодействующая и главный вектор совпадают?
4. Назовите методы определения равнодействующей системы сходящихся сил.
5. Как выражаются проекции равнодействующей системы сходящихся сил через проекции сил этой системы?
6. Назовите необходимое и достаточное условие равновесия системы сходящихся сил.
7. Что такое силовой многоугольник? Как определяется направление равнодействующей системы сходящихся сил при построении силового многоугольника?
8. Запишите условие равновесия системы сходящихся сил в векторной форме.
9. Какие задачи позволяют решать условия равновесия системы сходящихся сил?
10. Сформулируйте теорему о трех силах.
11. При каком условии три непараллельные силы, приложенные к твердому телу, уравниваются?
12. Возможно ли равновесие трех сходящихся сил, не лежащих в одной плоскости?
13. Как формулируется алгоритм решения задач статики на равновесие системы сходящихся сил?

ЛЕКЦИЯ 3-4

Тема: Плоская система сил. Теория моментов сил. Пары сил и их свойства.

Цель лекции: Определение моментов сил относительно точки и оси. Дать представление об условиях и уравнениях равновесия плоской системы сил.

План лекции:

Обозначение момента силы относительно точки. Моментная точка. Плоскость действия силы. Векторный и алгебраический момент силы относительно центра. Теория пар сил. Момент пары сил. Эквивалентность пар сил. Свойства момента пары сил. Момент результирующей пары сил. Условия равновесия системы пар сил. Векторный и алгебраический момент силы относительно оси. Момент силы относительно начала координат. Приведение силы к точке, не лежащей на линии действия силы. Приведение плоской системы сил к простейшему виду. Основная теорема статики (теорема Пуансо) для плоской системы сил. Условия равновесия плоской системы сил. Три формы уравнений равновесия плоской системы сил. Частные случаи приведения плоской системы сил к простейшему виду.

Ключевые вопросы

1. Что такое проекция вектора на ось и на плоскость? Принципиальное отличие этих проекций?
 2. Что такое моментная точка?
 3. Что такое момент силы относительно полюса (точки) как вектор?
 4. Чему равна алгебраическая величина момента силы относительно полюса?
- Правило знаков.
5. Когда момент силы относительно полюса равен нулю?
 6. 6. Какая система сил называется парой сил?
 7. Что такое момент пары?
 8. Что называется плечом пары?
 9. Какая плоскость называется плоскостью действия пары?
 10. Почему пара сил не имеет равнодействующей?
 11. Чем характеризуется действие пары сил на твердое тело?
 12. Как направлен вектор момента пары сил?
 13. Зависит ли действие пары сил на тело от ее места в плоскости?
 14. Какие преобразования пары сил не изменяют ее действия на твердое тело?

15. Какие пары сил называются эквивалентными?
16. Что называется результирующей парой?
17. Запишите формулу для определения результирующей системы пар.
18. Сформулируйте условия равновесия плоской системы пар.
19. Изменяется ли момент силы относительно данной точки при переносе силы вдоль ее линии действия? Сформулируйте основную теорему статики.
20. Сформулируйте теорему Вариньона для произвольной плоской системы сил?
21. Что называется главным вектором плоской системы сил?
22. Что называется главным моментом плоской системы сил?
23. Каковы возможные случаи приведения сил, расположенных произвольно на плоскости?
24. При каком условии сила, равная главному вектору плоской системы сил, является равнодействующей этой системы?
25. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия плоской системы сил.
26. Запишите три формы уравнений равновесия плоской системы сил.
27. Будет ли находиться в равновесии плоская система сил, для которой алгебраические суммы моментов относительно трех точек, расположенных на одной прямой, равны нулю?
28. Как поступают при наличии распределенной нагрузки?
29. Пусть для плоской системы сил суммы моментов относительно двух точек равны нулю. При каких дополнительных условиях система будет в равновесии?
30. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия плоской системы параллельных сил.
31. Равновесие систем тел.
32. Зависимость главного момента от центра приведения.

ЛЕКЦИЯ 5

Тема: Расчет стержневых систем. Методы расчета ферм.

Цель лекции: Анализ фермы на внешнюю и внутреннюю статическую определимость. Усвоить название элементов фермы. Уметь определять усилия в стержнях различными методами.

План лекции:

Равновесие стержневых систем. Фермы. Методы расчета ферм (метод вырезания узлов и метод Риттера, метод построения силовых многоугольников). Правила нулевых стержней.

Ключевые вопросы

1. Какая конструкция называется фермой? Какие фермы относятся к статически определимым?
2. В чем заключается сущность способа вырезания узлов?
3. Как формулируются леммы о нулевых стержнях?
4. В чем заключается сущность метода Риттера?
5. На основании каких соображений без вычислений можно определить стержни плоских ферм, в которых при заданной нагрузке усилия равны нулю?

ЛЕКЦИЯ 6-7

Тема: Приведение пространственной системы сил к простейшему виду. Условия и уравнения равновесия пространственной системы сил.

Цель лекции: Иметь представление об условиях и уравнениях равновесия пространственной системы сил.

План лекции:

Приведение пространственной системы сил к простейшему виду. Основная теорема статики (теорема Пуансо). Условия и уравнения равновесия пространственной системы сил. Частные случаи приведения пространственной системы сил к простейшему виду. Инварианты пространственной системы сил.

Ключевые вопросы

1. Сформулируйте теорему Вариньона для произвольной пространственной системы сил?
2. Что называется главным вектором пространственной системы сил?
3. Что называется главным моментом пространственной системы сил?
4. Сформулируйте основную теорему статики для пространственной системы сил. В чем состоит смысл основной теоремы статики?
5. Дайте определение главного вектора и главного момента произвольной пространственной системы сил. Напишите их аналитические выражения.
6. Сформулируйте условия равновесия для пространственной системы сил.
7. Напишите уравнения равновесия пространственной системы сил в скалярном виде.
8. Напишите уравнения равновесия пространственной системы параллельных сил.
9. Дайте определение момента силы относительно оси и укажите способы его нахождения.
10. В каких случаях момент силы относительно оси равен нулю?
11. Представьте момент силы относительно начала координат в виде определителя, вычислите его, интерпретируйте полученный результат. Найдите модуль и направление момента силы.
12. Как зависят главный вектор и главный момент от перемены центра приведения?
13. Какая совокупность сил называется динамическим винтом?
14. Как должны быть взаимно расположены главный вектор и главный момент системы сил для того, чтобы она приводилась к динамическому винту?
15. Что представляет собой геометрическое место точек пространства, в которых система приводится к динамическому винту?
16. Частные случаи приведения системы пространственных сил к простейшему виду.
17. Запишите формулы для вычисления проекций главного момента на координатные оси.
18. Каковы геометрические и аналитические условия приведения пространственной системы сил к равнодействующей?
19. К какому простейшему виду можно привести систему сил, если известно, что главный момент этих сил:
 - равен нулю;
 - перпендикулярен главному вектору;
 - параллелен главному вектору.
34. По какой формуле вычисляют минимальный главный момент заданной системы сил.
35. Назовите инварианты пространственной системы сил.
36. Каковы условия приведения пространственной системы сил к равнодействующей?
37. Чему эквивалентна система сил, действующих на твердое тело, если при приведении ее к произвольному центру оказалось, что главный вектор равен нулю, а главный момент системы сил относительно этого центра не равен нулю?

38. Чему эквивалентна система сил, действующих на твердое тело, если при приведении ее к произвольному центру оказалось, что главный момент равен нулю, а главный вектор не равен нулю?

ЛЕКЦИЯ 8

Тема: Центр тяжести тела. Центр параллельных сил.

Цель лекции:

- иметь представление о системе параллельных сил и центре системы параллельных сил, о силе тяжести и центре тяжести;
- знать методы для определения центра тяжести тела и формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур;
- уметь определять положение центра тяжести простых геометрических фигур, составленных из стандартных профилей;

План лекции:

Центр параллельных сил. Центр тяжести и центр масс, методы их нахождения. Центр тяжести однородных тел.

Ключевые вопросы

1. Почему силы притяжения к Земле, действующие на точки тела, можно принять за систему параллельных сил?
2. Понятие силы тяжести и ее точка приложения.
3. Что такое центр тяжести тела?
4. Что называется центром взаимно параллельных сил? Каким свойством он обладает? Как определить координаты центра взаимно параллельных сил?
5. По каким формулам можно определить координаты центра тяжести однородного тела (объемного, образованного поверхностью, линейного)?
6. Запишите формулы для определения положения центра тяжести простых геометрических фигур: прямоугольника, треугольника, трапеции, половины круга, дуги окружности, кругового сектора.
7. В чем заключается метод симметрии при определении центра тяжести тела?
8. В чем заключается метод разбиения при определении центра тяжести тела?
9. В чем заключается метод отрицательных масс при определении центра тяжести тела?
10. Как определить положение центра тяжести площади, если известно положение центров тяжести отдельных ее частей?
11. Как определить положение центра тяжести площади, если известно положение центров тяжести отдельных ее частей?

ЛЕКЦИЯ 9

Тема: Трение скольжения и трение качения.

Цель лекции:

- иметь представление об инженерных расчетах при наличии в механической системе связей с трением;
- знать зависимости для определения силы трения скольжения и силы трения качения.

План лекции:

Виды трения. Трение скольжения и трение качения. Закон Кулона. Конус трения, угол трения, самотормозящие поверхности. Условия критического равновесия. Момент трения качения. Особенности решения задач статики при наличии связей с трением.

Ключевые вопросы

1. В чем разница между силой сцепления и силой трения?
2. Что называется конусом трения? В чем его физический смысл?
3. Что называется углом трения?
4. Запишите закон Амонтона–Кулона.
5. Как определяется момент трения качения?
6. Условия равновесия при наличии трения качения.
7. В чем разница между силой сцепления и силой трения?

ЛЕКЦИЯ 10

Тема: Введение в кинематику. Кинематика точки. Векторный и координатные способы описания движения.

Цель лекции: Иметь представление о траектории, скорости и ускорении. Показать проблемы, которые должны быть решены при изучении кинематики точки. Знать способы задания движения точки. Знать обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения, Знать, как определяется модуль и направление вектора скорости точки, и уметь это выполнить при любой форме достаточной исходной информации. Знать различие понятий средняя скорость и скорость в данный момент времени. Знать, как определяется модуль и направление вектора ускорения точки, и уметь это выполнить при любой форме достаточной исходной информации. Знать различие понятий среднее ускорение и ускорение в данный момент времени.

План лекции:

Предмет кинематики, Механическое движение. Система отсчета. Разделы кинематики. Простое и сложное движение. Возможные варианты исходной информации о положении точки, применяемые в жизни и на производстве. Объединение всех возможных вариантов в три класса: векторный способ, координатный способ и естественный способ. Введение векторного способа исходной информации о движении точки. Сущность способа, цель введения. Переход от информации о положении точки к информации о движении точки. Уравнения движения. Вектор перемещения. Годограф радиус вектора. Понятие скорости точки (средняя скорость, скорость в данный момент времени). Скорость точки как векторная производная радиус-вектора по времени. Модуль и направление вектора скорости при векторном способе задания движения точки. Примеры определения скорости точки. Понятие ускорения точки (среднее ускорение, ускорение в данный момент времени). Уравнение траектории. Примеры определения траектории движения точки. Модуль и направление вектора скорости при координатном способе исходной информации. Направляющие косинусы, проекции вектора скорости на оси декартовой системы координат. Модуль и направление вектора ускорения при координатном способе исходной информации. Направляющие косинусы, проекции вектора ускорения на оси декартовой системы координат Естественный способ задания движения точки. Дуговые координаты. Естественный трехгранник, орты естественного трехгранника. Соприкасающаяся плоскость. Закон движения. Скорость точки при естественном способе задания движения точки. Годограф скорости. Ускорения точки при естественном способе задания движения точки. Касательное и нормальное ускорение точки. Понятие радиуса кривизны.

Ключевые вопросы

1. В чем состоит сущность движения с позиций кинематики?
2. В чем выражается абсолютность пространства и времени?
3. Какие задачи изучаются в кинематике?
4. В чем различие между телом отсчета и системой отсчета?
5. Какие кинематические способы задания движения точки существуют, и в чем состоит каждый из этих способов?

6. Что называют траекторией движения точки?
7. Чем является траектория точки при векторном способе задания движения точки?
8. Что называется законом или уравнением движения точки по данной траектории?
9. Что называется перемещением точки за фиксированный промежуток времени?
10. Как по уравнениям движения точки в координатной форме определить ее траекторию?
11. Как направлена средняя скорость точки за некоторый промежуток времени?
12. Чему равен вектор скорости точки в данный момент времени, и какое направление он имеет?
13. Дайте определение среднего ускорения точки за некоторое время.
14. Как связан орт касательной к кривой с радиус-вектором движущейся точки?
15. Чему равна проекция скорости точки на касательную к ее траектории?
16. Как определяются проекции скорости точки на неподвижные оси декартовых координат?
17. Что представляет собой годограф скорости?
18. Какая существует зависимость между радиус-вектором движущейся точки и вектором скорости этой точки?
19. Какой вид имеет годограф скорости прямолинейного неравномерного движения и равномерного движения по кривой, не лежащей в одной плоскости?
20. Чему равен вектор ускорения точки и как он направлен по отношению к годографу скорости?
21. Как направлены естественные координатные оси в каждой точке кривой?
22. Приведите определения соприкасающейся, спрямляющей и нормальной плоскостей.
23. Как направлены естественные координатные оси в каждой точке кривой?
24. Что должно быть известно при естественном способе задания движения точки?
25. При каких условиях значение дуговой координаты точки в некоторый момент времени равно пути, пройденному точкой за промежуток от начального до данного момента времени?
26. Каковы модуль и направление вектора кривизны кривой в данной точке?
27. В какой плоскости расположено ускорение точки и чему равны его проекции на естественные координаты оси?
28. Что характеризует собой касательное и как оно направлено по отношению к вектору скорости?
29. Что характеризует собой нормальное ускорение точки и как оно направлено по отношению к скорости точки?
30. При каком движении касательное ускорение точки равно нулю? При каком движении нормальное ускорение точки равно нулю?
31. Как классифицируются движения точки по ускорениям?
32. В какие моменты времени нормальное ускорение в криволинейном движении может обратиться в нуль?
33. Чем отличается график пути от графика движения точки?
34. Как по графику движения определить алгебраическое значение скорости точки в любой момент времени?
35. Что такое равнопеременное движение точки?
36. Что такое равноускоренное (равнозамедленное) движение точки?
37. Напишите формулу для определения касательного ускорения точки и укажите, в каких случаях оно равно нулю.
38. Можно ли утверждать в общем случае, что в те моменты, когда скорость точки равна нулю, ее ускорение также обязательно имеет нулевое значение?

ЛЕКЦИЯ 11

Тема: Кинематика твердого тела. Простейшие движения абсолютно твердого тела (поступательное и вращательное движение).

Цель лекции: исследование простейшего движения абсолютно твердого тела. Знать, как выделить простейшие движения из множества движений абсолютно твердого тела. Показать проблемы, которые должны быть решены при изучении простейших движений.

План лекции:

Поступательное движение: определение поступательного движения. Примеры поступательного прямолинейного движения. Примеры поступательного криволинейного движения. Теорема о траекториях, скоростях и ускорениях тела при поступательном движении - путь решения этой задачи. Вращение тела относительно неподвижной оси. Признаки вращательного движения. Характеристики вращательного движения тела угол поворота тела, угловая скорость и угловое ускорение, их среднее значение и значение в данный момент времени. Определение скорости любой точки. Формула Эйлера: ее модуль и направление. Эпюра скоростей точек одного радиуса. Эпюра скоростей точек кривошипа и определение угловой скорости кривошипа по скорости одной из его точек. Определение ускорений любой точки тела. Формула Ривальдса. Эпюра ускорений точек одного радиуса (эпюра ускорений точек кривошипа и определение угловой скорости и углового ускорения кривошипа по заданному ускорению одной из его точек). Формулы Пуассона, их физический смысл. Способы передачи вращательного движения. Передаточное отношение.

Ключевые вопросы

1. Перечислите основные виды движений твердого тела.
2. Что определяет число степеней свободы твердого тела?
3. Какое движение твердого тела называется поступательным, и какими свойствами оно обладает?
4. Что собой представляют траектории отдельных точек при поступательном движении?
5. Запишите уравнения поступательного движения.
6. Почему при поступательном движении скорости и ускорения его точек не могут быть различными?
7. Какое движение твердого тела называется вращением вокруг неподвижной оси и как оно осуществляется?
8. Что такое ось вращения?
9. Как записывается закон вращательного движения вокруг неподвижной оси?
10. По каким формулам определяются модули угловой скорости и углового ускорения вращающегося твердого тела?
11. Как направлены векторы угловой скорости и углового ускорения при вращении тела вокруг неподвижной оси?
12. Выведите формулы модулей скорости и ускорения точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.
13. При каких условиях ускорение точки вращающегося тела составляет с отрезком, соединяющим точку с центром описываемой ею окружности, углы 0 , 45 , 90° ?
14. Ускорения каких точек вращающегося тела:
 - а) равны по модулю,
 - б) совпадают по направлению,
 - в) равны по модулю и совпадают по направлению?
15. Запишите в векторном виде выражения линейной скорости, касательного и нормального ускорений при вращательном движении?

16. Объясните, как направлен вектор скорости точки, вращающейся вокруг неподвижной оси?
17. Запишите формулу Эйлера. В чем ее физический смысл?
18. Запишите формулу Ривальса. В чем ее физический смысл?
19. Что представляет собой передаточное отношение передачи и как оно определяется для многоступенчатой передачи?
20. Запишите уравнение равномерного поступательного движения твердого тела.
21. Какое вращение называется равномерным?
22. Какое вращение называется равнопеременным?
23. Запишите уравнения равномерного и равнопеременного вращательного движений твердого тела.

ЛЕКЦИЯ 12-13

Тема: Плоскопараллельное (плоское) движение абсолютно твердого тела.

Цель лекции: исследование плоскопараллельного движения абсолютно твердого тела. Знать признаки плоского движения. Уметь определять скорость любой точки тела как сумму двух скоростей. Уметь определять положение мгновенного центра скоростей. Показать проблемы, которые должны быть решены при изучении плоскопараллельного движения.

План лекции:

Определение плоского движения. Примеры плоского движения. Разложение движения плоской фигуры на два движения. Независимость угловой скорости и углового ускорения фигуры от выбора полюса. Определение скорости любой точки фигуры как суммы двух скоростей. Теорема о проекциях скоростей. Определение мгновенного центра скоростей. Определение скоростей точек плоской фигуры и точек звеньев плоского механизма с помощью МЦС. Определение ускорения любой точки фигуры при ее движении в плоскости через полюс. Определение ускорений точек звеньев плоского механизма и угловых ускорений звеньев. Мгновенный центр ускорений. Определение ускорений с помощью мгновенного центра ускорений. Подвижные и неподвижные центроиды.

Ключевые вопросы

1. Какое движение твердого тела называется плоским?
2. Приведите примеры звеньев механизмов, совершающих плоское движение
3. Зависят ли поступательное перемещение плоской фигуры и ее поворот от выбора полюса?
4. Из каких простых движений складывается плоское движение твердого тела?
5. Покажите, что проекции скоростей точек неизменяемого отрезка на ось, совпадающую с этим отрезком, равны между собой.
6. Какую точку плоской фигуры называют мгновенным центром скоростей? В чем заключается физический смысл МЦС? Приведите основные случаи определения положения МЦС?
7. Как определяется величина и направление скорости произвольной точки тела при известном положении мгновенного центра скоростей и угловой скорости?
8. Что представляет собой распределение скоростей точек плоской фигуры в данный момент?
9. Как построить центр поворота плоской фигуры, зная ее начальное и конечное положения?
10. Что представляют собой неподвижная и подвижная центроиды и что происходит с центроидами при действительном движении плоской фигуры?
11. Как определяется ускорение любой точки плоской фигуры?

12. Почему проекция ускорения любой точки плоской фигуры на ось, проходящую через эту точку из полюса, не может быть больше проекции ускорения полюса на эту ось?

13. Что представляет собой картина распределения ускорений точек плоской фигуры в данный момент времени в трех случаях:

1) $\omega \neq 0, \varepsilon \neq 0$;

2) $\omega \neq 0, \varepsilon = 0$;

3) $\omega = 0, \varepsilon \neq 0$?

14. Как производят определение ускорений точек и угловых ускорений звеньев плоского механизма?

ЛЕКЦИЯ 14

Тема: Сферическое движение твердого тела (движение тела с одной неподвижной точкой).

Цель лекции:

Знать признаки сферического движения. Уметь обосновать целесообразность введения углов Эйлера при исследовании сферического движения тела. Уметь провести сравнение и уметь показать различие двух вращений: вращение тела вокруг неподвижной оси и сферического движения.

План лекции

Признаки сферического движения. Углы Эйлера. Уравнения движения тела. Определение скорости любой точки тела в случае, когда заданы функции: углы Эйлера и координаты точки. Определение углового ускорения. Определение ускорения любой точки тела. Теорема Эйлера – Даламбера. Сопоставление вращения тела вокруг неподвижной оси и сферического движения. Мгновенная ось вращения. Случай постоянной по модулю угловой скорости. Примеры такого движения. Примеры определения углового ускорения, вращательного, осестремительного ускорения и полного ускорения точек тела в случае постоянства угловой скорости тела при движении без использования углов Эйлера. Область применения метода расчета в инженерной практике. Подвижные и неподвижные аксоиды.

Ключевые вопросы

1. Сколько степеней свободы имеет твердое тело, совершающее сферическое движение?
2. Укажите, вокруг какой оси будет вращаться тело, если изменяется только или угол прецессии, или только угол собственного вращения, или угол нутации?
3. По какой формуле определяются скорость любой точки тела, совершающего сферическое движение?
4. Что называется мгновенной осью вращения?
5. Как распределяются скорости точек тела, имеющего одну неподвижную точку, относительно мгновенной оси вращения?
6. Что называется вектором углового ускорения твердого тела при сферическом движении?
7. Как направлен вектор углового ускорения при сферическом движении?
8. По какой формуле определяется ускорение любой точки тела, совершающего сферическое движение?

ЛЕКЦИЯ 15

Тема: Общий случай движения твердого тела (произвольное движение абсолютно твердого тела).

Цель лекции:

Иметь представление о произвольном движении абсолютно твердого тела. Научить разложению произвольного движения на простейшие: поступательное и сферическое.

План лекции:

Общий случай движения твердого тела. Число степеней свободы. Разложение движения твердого тела на поступательное и сферическое. Уравнения движения. Распределение скоростей и ускорений свободного тела при его пространственном движении. Угловая скорость и угловое ускорение. Линейная скорость и линейные ускорения точек.

Ключевые вопросы

1. На какие составляющие движения можно разложить движение свободного тела в общем случае и как они зависят от выбора полюса?
2. Как определяют скорости точек свободного твердого тела?
3. Как связаны между собой скорости точек свободного тела, расположенного на отрезке произвольного направления, и на отрезке, параллельном мгновенной оси вращения?
4. Покажите, что векторы угловой скорости и углового ускорения свободного тела не зависят от выбора полюса.
5. Как определяют ускорения точек свободного твердого тела?

ЛЕКЦИЯ 16

Тема: Сложное движение точки.

Цель лекции:

Исследование сложного движения точки. Уметь выделить относительное, переносное и абсолютное движение точки и определить кинематические параметры при сложном движении.

План лекции:

Относительное, переносное и абсолютное движение точки. Теорема о соотношении скоростей и ускорений при поступательном переносном движении. Теорема о соотношении скоростей и ускорений при переносном вращательном движении. Теорема Кориолиса. Модуль и направление кориолисова ускорения. Частные случаи равенства нулю кориолисова ускорения. Пример влияния одного движения на изменение вектора скорости в другом движении. Расчет кулисных механизмов.

Ключевые вопросы

1. Какое движение точки является сложным (составным)?
2. Какие системы координат выбирают при определении скоростей твердых тел при сложном движении?
3. Что такое относительная, переносная и абсолютная траектории?
4. Какая скорость (ускорение) является относительной? Приведите примеры.
5. Какая скорость (ускорение) называется переносной? Приведите примеры.
6. Что такое абсолютная скорость и ускорение? Приведите примеры.
7. Смысл теоремы о сложении скоростей.
8. Смысл теоремы о сложении ускорений.
9. Какое ускорение называется Кориолисовым? Как определяется его величина и направление.
10. В каких случаях ускорение Кориолиса обращается в нуль?

ЛЕКЦИЯ 17-18

Тема: Сложение движений твердого тела.

Цель лекции:

Иметь представление о системах координат, об относительном, переносном и абсолютном движении абсолютно твердого тела.

План лекции:

Постановка задачи, основные понятия. Сложение вращений твердого тела вокруг осей, пересекающихся в одной точке. Угловая скорость результирующего движения и ее определение Метод Виллиса. Сложение двух поступательных движений твердого тела. Сложение поступательного и вращательного движений. Сложение двух вращений Сложение вращательных движений около пересекающихся осей, Сложение вращательных движений около параллельных и антипараллельных осей. Мгновенная ось вращения и мгновенная угловая скорость результирующего движения. Пара вращений, момент пары вращений. Определение скоростей точек твердого тела в том случае, когда оно участвует в паре вращений. Сложение поступательных и вращательных движений.

Ключевые вопросы

1. Какое движение тела является сложным?
2. Сформулируйте определения абсолютного, относительного и переносного движений твердого тела.
3. Как определить скорость произвольной точки тела, совершающего поступательное переносное и поступательное относительное движения?
4. Что собой представляет результирующее движение при вращении тела одновременно в одну и ту же сторону вокруг параллельных осей?
5. Как складываются:
 - а) два поступательных движения?
 - б) два вращательных движения вокруг пересекающихся осей? Каким будет результирующее движение?
6. Как определить при сложении вращений вокруг пересекающихся осей: мгновенную угловую скорость тела, скорость заданной точки тела и ее ускорение?
7. Как складываются вращения:
 - а) вокруг скрещивающихся осей?
 - б) вокруг параллельных осей?
8. Что называется парой вращений? Чему эквивалентна пара вращений?
9. Чему равна мгновенная угловая скорость тела, совершающего вращения вокруг пересекающихся осей?
10. Какое движение тела называется винтовым? Сложением каких движений оно получается?
11. Какие инварианты кинематики вы знаете?

ЛЕКЦИЯ 19

Тема: Динамика как раздел теоретической механики. Основные понятия и аксиомы динамики.

Цель лекции:

Иметь представление о разделе «Динамика» дисциплины теоретическая механика, о двух основных задачах динамики, о связи между силовыми и кинематическими параметрами движения.

План лекции:

Динамика как раздел теоретической механики. Законы Галилео-Ньютона. Инерциальная и неинерциальная система отсчета. Первая и вторая задачи динамики. Дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки: в векторном виде, в проекциях на оси декартовой и естественной систем координат. Дифференциальные уравнения движения несвободной материальной точки. Дифференциальные уравнения движения механической системы.

Ключевые вопросы

1. Сформулируйте законы (аксиомы) динамики.
2. Какое уравнение называется основным уравнением динамики?
3. Написать дифференциальные уравнения движения точки в проекциях на оси координат (декартовы, естественные).
4. Каковы две основные задачи динамики точки, которые решаются при помощи дифференциальных уравнений движения точки?
5. Сформулируйте первую (прямую) задачу динамики точки.
6. Как определяются произвольные постоянные при интегрировании дифференциальных уравнений движения материальной точки?
7. Сформулируйте вторую (обратную) задачу динамики точки.
8. Приведите формулировку закона независимости действия сил.
9. Дайте определение инерциальной системы отсчета.

ЛЕКЦИЯ 20 - 21

Тема: Геометрия масс. Инерционные характеристики механической системы.

Цель лекции:

Получить представление о геометрии сечений. Уяснить физический смысл моментов инерции.

План лекции:

Введение в динамику механической системы. Силы внешние и внутренние. Моменты инерции материальной точки относительно полюса, оси и плоскости. Моменты инерции системы материальных точек, относительно полюса, оси и плоскости. Моменты инерции абсолютно твердого тела относительно полюса, оси и плоскости. Моменты инерции однородных тел. Радиус инерции. Физический смысл моментов инерции. Осевые моменты инерции в декартовых координатах. Полярный момент инерции в декартовых координатах. Связь между осевыми и полярными моментами инерции. Центробежные моменты инерции. Главные оси инерции. Теорема Гюйгенса – Штейнера (теорема о моментах инерции относительно параллельных осей). Момент инерции относительно оси любого направления. Тензор инерции. Эллипсоид инерции и его физический смысл.

Ключевые вопросы

1. Момент инерции относительно полюса, оси и плоскости.
2. Осевые и центробежные моменты инерции, их математические выражения.
3. Радиус инерции и его физический смысл.
4. Моменты инерции относительно параллельных осей.
5. Эллипсоид инерции.
6. Главные оси инерции и их свойства.

ЛЕКЦИЯ 22

Тема: Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.

Теорема о движении центра масс.

Цель лекции:

Иметь представление о понятии «центр масс». Научить определять параметры движения с помощью теоремы о движении центра масс. Научиться применять закон сохранения движения центра масс к решению практических задач.

План лекции:

Общие теоремы динамики механической системы. Теорема о движении центра масс: центр масс механической системы. Центр масс отдельных тел. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения движения центра масс.

Ключевые вопросы

- 1 Что называют материальной системой, неизменяемой материальной системой?
- 2 Какие силы называют внешними силами, внутренними силами?
- 3 Чему равны главный вектор, главный момент, работа внутренних сил?
- 4 Что называют центром масс механической системы?
- 5 Как определяются координаты центра масс системы?
- 6 Может ли центр масс твердого тела находиться вне этого тела?
- 7 Запишите формулу для определения координат центра масс в трехмерном пространстве.
- 8 Из какого физического закона вытекает, что равнодействующая внутренних сил системы равна нулю?
- 9 Сформулируйте теорему о движении центра масс системы.
- 10 Сформулируйте закон сохранения движения центра масс системы.
- 11 В каких случаях центр масс системы движется равномерно и прямолинейно?

ЛЕКЦИЯ 23

Тема: Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема об изменении количества движения.

Цель лекции:

Иметь представление о понятиях «количество движения», «импульс силы». Научить определять параметры движения с помощью теоремы об изменении количества движения. Научиться применять закон сохранения количества движения к решению практических задач.

План лекции:

Общие теоремы динамики механической системы. Количество движения материальной точки и механической системы. Теорема об изменении количества движения (дифференциальный вид). Понятие элементарного импульса и импульса силы за какой-либо промежуток времени. Теорема импульсов (интегральный вид теоремы об изменении количества движения). Закон сохранения количества движения в дифференциальном и интегральном виде.

Ключевые вопросы

1. Что называется количеством движения точки?
2. Что называется элементарным импульсом силы?
3. Как определяется импульс силы за конечный промежуток времени?
4. Как формулируется теорема об изменении количества движения точки в дифференциальной форме?
5. Как формулируется теорема об изменении количества движения в конечной форме?
6. Как определить количество движения системы?
7. Сформулируйте закон сохранения количества движения системы.
8. В каком случае количество движения механической системы не изменяется?

ЛЕКЦИЯ 24

Тема: Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема об изменении кинетической энергии.

Цель лекции:

Иметь представление о кинетической энергии материальной точки, системы материальных точек, абсолютно твердого тела. Иметь представление о работе силы при прямолинейном и криволинейном движении, о мощности полезной и затраченной. Научить определять параметры движения с помощью теоремы об изменении кинетической энергии в дифференциальном и интегральном виде.

План лекции:

Кинетическая энергия материальной точки, механической системы и твердого тела при поступательном, вращательном и плоском движении абсолютно твердого тела. Теорема Кёнига. Работа силы: элементарная, на конечном перемещении, силы тяжести, силы трения скольжения, силы упругости. Элементарная работа момента силы. Мощность силы. Теоремы об изменении кинетической энергии точки и механической системы (дифференциальный и интегральный вид). Изменяемые и неизменяемые механические системы.

Ключевые вопросы

1. Как определить кинетическую энергию абсолютно твердого тела при поступательном движении, вращении вокруг неподвижной оси, плоском движении тела и сферическом движении?
2. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетической энергии точки в дифференциальной форме.
3. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетической энергии точки в конечной форме.
4. Для какой системы изменения кинетической энергии не зависят от внутренних сил?
5. Понятие работы силы. Как определяется работа силы тяжести, силы упругости, силы трения скольжения, момента трения качения.
6. Сформулируйте и запишите закон сохранения полной механической энергии.

ЛЕКЦИЯ 25

Тема: Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема об изменении кинетического момента.

Цель лекции:

Иметь представление о моменте количества движения относительно точки и оси. Иметь представление о кинетическом моменте механической системы и кинетическом моменте относительно оси вращения. Научить определять параметры движения с помощью теоремы об изменении кинетического момента. Научиться применять закон сохранения кинетического момента.

План лекции:

Векторный момент количества движения материальной точки относительно полюса: алгебраическое значение, направление вектора. Момент количества движения материальной точки относительно оси. Момент количества движения относительно начала координат. Кинетический момент механической системы относительно точки. Кинетический момент механической системы относительно оси. Кинетический момент вращающегося тела относительно оси вращения. Основное дифференциальное уравнение вращательного движения абсолютно твердого тела. Теорема об изменении кинетического момента. Закон сохранения кинетического момента.

Ключевые вопросы

1. Что называется моментом количества движения точки?
2. Что называется главным моментом количества движения системы (кинетическим моментом системы)?
3. Как определяется кинетический момент системы относительно неподвижной оси?

4. Чему равен кинетический момент твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
5. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетического момента относительно полюса.
6. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетического момента относительно оси.
7. Сформулируйте закон сохранения кинетического момента системы.
8. В каких случаях кинетический момент системы относительно точки и относительно оси остается постоянным?

ЛЕКЦИЯ 26

Тема: Потенциальное силовое поле.

Цель лекции:

Иметь представление о потенциальном силовом поле. Уяснить понятие потенциальной силовой функции и потенциальной энергии.

План лекции:

Понятие о силовом поле. Силовая функция. Потенциальное силовое поле и его свойства. Эквипотенциальные поверхности (поверхности уровня). Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии материальной точки в потенциальном силовом поле. Силовое потенциальное поле и потенциальная энергия механической системы.

Ключевые вопросы

1. Что называется силовым полем?
2. Какие силовые поля вы знаете?
3. Какое силовое поле называется потенциальным?
4. Что такое поверхности уровня?
5. Какие свойства эквипотенциальных полей вы знаете?
6. Что такое нулевая эквипотенциальная поверхность?
7. Чему равна сила поля, действующая на материальную точку?
8. Как направлен вектор силы потенциального силового поля?
9. Как формулируется закон о сохранении полной механической энергии в потенциальном поле?
10. Как определяется потенциальное поле механической системы?
11. Чему равна работа сил, действующих на точки системы в потенциальном поле, на замкнутом перемещении?

ЛЕКЦИЯ 27

Тема: Динамика простейших движений твердого тела.

Цель лекции:

Иметь представление о статическом и динамическом уравнивании.

План лекции:

Дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоскопараллельного движения твердого тела. Определение реакций в опорах твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Статические и добавочные динамические реакции. Условия динамической балансировки.

Ключевые вопросы

1. Сколько степеней свободы имеет тело при поступательном, вращательном и плоском движении?
2. Напишите дифференциальные уравнения плоского движения твердого тела.

3. Почему при составлении уравнений плоского движения в качестве полюса выбирается центр масс?
4. На какие составляющие по осям координат раскладываются реакции радиального подшипника и подпятника при оси, совмещенной с осью вращения тела?
5. От чего зависит продольная реакция подпятника?
6. Напишите формулу связи между статическими, добавочными динамическими и полными динамическими реакциями подшипников.
7. По каким уравнениям определяются статические реакции подшипников?
8. Как составляются уравнения для определения добавочных динамических реакций подшипников?
9. Какое тело называется статически уравновешенным?
10. Какое тело называется динамически уравновешенным?
11. Что необходимо для полного отсутствия добавочных динамических реакций подшипников?
12. В каком случае динамические составляющие подшипника и подпятника обращаются в нуль?

ЛЕКЦИЯ 28-29

Тема: Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы.

Цель лекции:

Иметь представление о силах инерции и моментах сил инерции для решения практических задач. Уметь определять параметры движения, используя метод кинетостатики.

План лекции:

Принцип Даламбера для материальной точки. Силы инерции. Принцип Даламбера для механической системы. Главный вектор сил инерции. Главный момент сил инерции. Частные случаи приведения сил инерции: при поступательном движении, при вращательном движении вокруг центра масс, при вращении вокруг произвольной оси, при плоском движении, при равномерном вращении однородного стержня. Метод кинетостатики.

Ключевые вопросы

1. В чём заключается принцип Даламбера для точки?
2. Каковы модуль и направление вектора силы инерции точки?
3. В чём заключается принцип Даламбера для системы?
4. Чему равен главный вектор сил инерции?
5. Чему равен главный момент сил инерции?
6. Запишите силы инерции в частных случаях движения твёрдого тела: поступательного, вращательного вокруг оси, проходящей через центр масс, вокруг оси, не проходящей через центр масс, плоскопараллельного движения твёрдого тела.

ЛЕКЦИЯ 30-31

Тема: Аналитическая механика. Принцип Лагранжа.

Цель лекции:

Иметь представление об аналитических связях, перемещениях возможных и действительных. Изучить принцип Лагранжа и общее уравнение динамики.

План лекции:

Аналитические связи: односторонние и двухсторонние, кинематические и геометрические, стационарные и нестационарные, голономные и неголономные, идеальные и неидеальные. Вариация и дифференциал. Перемещения возможные и действительные. Виртуальная работа силы. Постулат идеальных связей. Принципы Лагранжа: принцип

возможных перемещений, принцип возможных скоростей. Принцип Даламбера-Лагранжа и общее уравнение динамики.

Ключевые вопросы

1. Какие материальные системы называют свободными и несвободными?
2. Что называют аналитическими связями?
3. Какие связи называют геометрическими и кинематическими?
4. Какие связи называют стационарными и нестационарными?
5. Какие связи называют удерживающими и недерживающими?
6. Какие связи называют голономными и неголономными?
7. Что называется возможным (виртуальным) перемещением?
8. Зависят ли виртуальные перемещения от действующих на материальную систему сил?
9. При каких связях одно из виртуальных перемещений материальной точки совпадает с ее действительным перемещением?
10. Как взаимосвязаны возможные и действительные перемещения системы?
11. Какие связи называют идеальными?
12. Сформулируйте принцип возможных перемещений.
13. Возможно ли применение принципа возможных перемещений к системам с неидеальными связями?
14. Как определить работу, совершаемую силами инерции при различных видах движения твердого тела?
15. Что такое число степеней свободы?
16. Какие принципы используются при получении общего уравнения динамики?
17. Сформулируйте принцип Даламбера-Лагранжа.
18. Как записывается общее уравнение динамики для системы, подчиненной голономным, стационарным, удерживающим и идеальным связям? В чем его физический смысл?

ЛЕКЦИЯ 32 - 33

Тема: Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах. Уравнения Лагранжа II рода.

Цель лекции:

Иметь представление об обобщенных координатах и обобщенных силах. Уметь определять параметры движения, используя уравнения Лагранжа второго рода. Уяснить физический смысл уравнений Лагранжа второго рода и функции Лагранжа.

План лекции:

Обобщенные координаты, скорости, ускорения и возможные перемещения. Обобщенные силы и методы их вычисления. Принцип обобщенных возможных перемещений. Условия равновесия системы в обобщенных координатах. Вывод уравнений Лагранжа второго рода из общего уравнения динамики. Уравнения Лагранжа второго рода в потенциальном поле. Функция Лагранжа. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах. Алгоритм решения задач.

Ключевые вопросы

1. Что называется обобщенными координатами?
2. Что называется обобщенными силами?
3. Запишите уравнения Лагранжа второго рода.
4. Какой физический смысл имеют уравнения Лагранжа второго рода?
5. Что называется функцией Лагранжа.
6. Какой физический смысл имеет функция Лагранжа?

7. Запишите уравнения Лагранжа второго рода для потенциальных систем.
8. Порядок составления уравнений Лагранжа второго рода.
9. Достоинства уравнений Лагранжа второго рода.

ЛЕКЦИЯ 34-36

Тема: Малые колебания. Устойчивость равновесия. Колебания систем с одной и несколькими степенями свободы.

Цель лекции:

Уяснить смысл малых колебаний механической системы около устойчивого положения равновесия. Проанализировать способы эквивалентной замены параллельно и последовательно соединенных пружин одной пружиной, возможные зависимости модуля силы упругости от координаты точки. Проанализировать способы решения и виды решений для собственных и вынужденных колебаний точки среде с сопротивлением и без сопротивления.

План лекции:

Общие сведения о малых колебаниях механической системы с одной степенью свободы. Равновесие, устойчивость равновесия консервативных механических систем. Разложение в ряд выражений для потенциальной, кинетической энергии механической системы и функции Рэля. Теорема Лагранжа-Дирихле. Классификация колебаний. Свободные колебания в среде с сопротивлением и без сопротивления и их свойства. Вынужденные колебания в среде с сопротивлением и без сопротивления и их свойства. Амплитудно- частотные характеристики. Фазо-частотные характеристики. Явление биений. Резонанс.

Ключевые вопросы

1. Что называется колебаниями?
2. Что такое функция Рэля?
3. Каков физический смысл диссипативной функции?
4. Какие условия равновесия вы знаете?
5. Что называется малыми колебаниями механической системы?
6. В чем заключается линеаризация кинетической и потенциальной энергии?
7. Что такое свободные колебания механической системы?
8. Что такое вынужденные колебания механической системы?
9. Что такое явление резонанса?
10. Что такое декремент затуханий?
11. Что такое коэффициент динамичности?
12. Каким может быть состояние покоя механической системы?
13. Каков критерий устойчивости состояния покоя механической системы, устанавливаемый теоремой Лагранжа-Дирихле?
14. Под действием какой силы совершаются свободные колебания материальной точки?
15. Какой вид имеет дифференциальное уравнение свободных колебаний материальной точки?
16. От каких факторов зависят частота, период, амплитуда и начальная фаза свободных колебаний материальной точки?
17. Какой вид имеет дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки и каково его общее решение?
18. От каких факторов зависит амплитуда вынужденных колебаний?
19. При каком условии возникает явление биений?
20. При каких условиях возникает резонанс и каковы уравнение и график вынужденных колебаний при резонансе?

21. Как влияет сопротивление пропорциональное скорости на амплитуду, фазу, частоту и период вынужденных колебаний?

2.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс теоретической механики состоит из научной и практической части. Первая часть курса обычно излагается на лекциях. Вторая часть изучается на практических занятиях и заключается в решении задач механики.

В настоящее время издается много учебников и учебных пособий по курсу «Теоретическая механика», анализ которых показывает, что авторы, в основном, придерживаются единой точки зрения на подбор материала, которые в основном содержат разделы:

- **статика:** реакции связей, условия равновесия систем сил, теория пар сил;
- **кинематика:** кинематические характеристики точки, сложное движение точки, частные и общие случаи движения твердого тела;

- **динамика:** дифференциальные уравнения движения точки в инерциальной системе отсчета, общие теоремы динамики точки и механической системы, аналитическая механика.

Поэтому при изучении дисциплины можно пользоваться любым учебником (учебно-методическим пособием), имеющимся в библиотеке или в личном пользовании.

Успешность освоения теоретической механики существенным образом зависит от знаний по математике.

2.2.1 Методические указания по изучению дисциплины (теоретический материал)

Лекции – раскрывают основные вопросы в рамках рассматриваемой темы, делают акценты на наиболее сложные и интересные положения изучаемого материала, которые должны быть усвоены студентами. Материалы лекций являются основой для изучения курса и подготовки к практическим занятиям. Лекция является одним из основных источников знаний, так как она содержит в себе информацию в обобщенном и законченном виде. Лекция обеспечивает первичное усвоение материала курса, способствует развитию познавательных интересов.

При изучении курса учебной дисциплины особое внимание следует обратить на правильное ведение конспекта. После лекции необходимо работать с учебниками, рекомендованными лектором, дополнять лекцию новыми примерами, разъяснениями, дополняющими рассмотренную теорию. Вносить в конспект курса лекций теоретические вопросы, отнесенные к самостоятельному изучению, согласно рабочей программы дисциплины.

Перед очередной лекцией полезно изучить предыдущую лекцию

2.2.2 Методические указания к изучению дисциплины (практические занятия)

Задачей практических занятий является изучение методов расчета типовых задач, а также практическое осмысление основных теоретических положений курса. При решении задач обращается внимание на логику решения, на физическую сущность используемых величин, их размерность. Далее проводится анализ полученного решения, результат сопоставляется с реальными объектами, что вырабатывает у студентов инженерную интуицию.

Цель практических занятий – научить динамическому и математическому моделированию статических и динамических процессов, происходящих в механических системах, на примере решения типовых задач.

В итоге изучения дисциплины студент должен знать основные понятия и законы механики, виды движений, уравнения равновесия и уравнения движения тел; должен понимать механический смысл законов и уравнений; должен уметь применять законы и уравнения при анализе и расчетах движений механизмов.

Под умением применять законы и уравнения при анализе и расчете движений звеньев механизма понимаются следующие умения:

- умение определить вид движения тела (поступательное, вращательное вокруг неподвижной оси, плоское движение, и т.п.) и записать формулу передачи движения от одного тела к другому;

- умение по виду движения тел и данным поставленной задачи определить закон (теорему, уравнение, принцип), с помощью которого задачу можно решить.

В статике научиться:

- правильно выбирать объекты, равновесие которых необходимо (удобно) рассмотреть для определения неизвестных параметров;

- правильно и быстро определить виды условий равновесия разных систем сил, составить их и решить;

- пониманию эквивалентного преобразования систем сил, правильному упрощению разных типов систем сил.

В кинематике научиться:

- представлять различные типы движения твердого тела и уметь анализировать кинематические характеристики точки и твердого тела;

- умению моделировать многообразные механические системы и анализировать их кинематические свойства;

- решать многообразные кинематические задачи для точки, абсолютно твердого тела, используя теорию сложения движений.

В динамике научиться:

- умению объединять знания по статике, кинематике, необходимым разделам математики с достаточно сложными понятиями динамики для анализа изученных и новых моделей механических систем.

Перед практическим занятием разобрать материал, изложенный на лекции и выполнить самостоятельную работу, предусмотренную рабочим планом. Для этого используются: конспект лекций, соответствующие разделы печатных и электронных учебников, ответы на вопросы для самоконтроля знаний. После практического занятия самостоятельно решить рекомендованные задачи и расчетно-графические работы.

Решение любой задачи включает в себя четыре принципиально важных этапа:

- изучение (анализ) содержания задачи, краткая запись условий и требований;

- поиск способа (принципа) решения и составление плана решения;

- осуществление решения, проверка правильности и его оформление;

- обсуждение (анализ) проведенного решения, отбор информации, полезной для дальнейшей работы.

Решить учебную задачу по теоретической механике – значит найти последовательность общих положений механики (законов, формул, определений, правил), использование которых позволяет получить то, что требуется в задаче, - ее ответ.

При решении задач следует:

- определить к какому разделу теоретической механики относится рассматриваемая задача;

- усвоить теоретический материал на изучаемую тему;

- выписать предложенные на лекциях, рекомендованных учебниках и учебных пособиях алгоритмы решения задач на данную тему;

- разобрать задачи, рассмотренные на практических занятиях и имеющиеся в учебниках и пособиях примеры решения задач;

- записать краткое условие задачи;

- определиться с методом решения задачи;
- выписать математическое выражение выбранного метода;
- сделать четкий рисунок в выбранном масштабе, соответствующий условию задачи и методу решения;
- запись уравнений и их решение приводить в буквенном виде, численные значения подставлять в конечные выражения;
- привести таблицу ответов, полученных величин.

В задачниках по теоретической механике ([6]) приводятся задачи двух видов: на усвоение учебного материала (стандартные задачи) и активное использование изученного материала. Основная учебная функция упражнений по решению стандартных задач - перевод знаний, усвоенных на уровне воспроизведения, на уровень знаний – умений. Для таких задач имеются способы решения, одни из которых описаны в самих задачниках, другие анализируются на практических занятиях. Решение задач на активное использование изученного материала – нестандартных или проблемных, поисковых, творческих, олимпиадных задач это исследовательская работа студента первокурсника.

Практическое занятие 1

Тема: Система сходящихся сил. Условия и уравнения равновесия системы сходящихся сил.

Цель занятия:

- уметь определять проекции силы на две (для плоской системы сил) и три (для пространственной системы сил) взаимноперпендикулярные оси;
- знать геометрический и аналитический способы определения равнодействующей системы сходящихся сил, условия равновесия плоской и пространственной системы сходящихся сил;
- знать алгоритм и уметь решать задачи на равновесие системы сходящихся сил в геометрической и аналитической форме.

Вопросы для подготовки:

1. Две основные задачи статики.
2. Аксиомы статики.
3. Виды связей и направление их реакций.
4. Условия и уравнения равновесия плоской и пространственной системы сходящихся сил.
5. Основные правила проекций силы на координатную ось.
6. Построение силового многоугольника.
7. Теорема о трех силах.

Методические рекомендации к решению задач.

При решении задач статики обычно производят различные действия над скалярными или векторными величинами. При сложении и вычитании векторов окончательный результат зависит от модуля вектора и его направления. Результат сложения векторов называется геометрической суммой. Соответственно результат вычитания двух векторов называется геометрической разностью. Сложение двух векторов (сложение двух сходящихся сил) производится либо по правилу параллелограмма, либо по правилу треугольника. Для графического решения задачи для построения параллелограмма или треугольника необходимо выбрать масштабный коэффициент. Сложение большого числа векторов производится по правилу силового многоугольника.

Второй способ – это метод проекций равнодействующей на координатные оси.

Задачи на определение равнодействующей системы сходящихся сил решаются в следующей последовательности:

1. Выбираются оси координат.
2. Определяются проекции всех заданных векторов на эти оси.
3. По известным проекциям на две координатные оси определяют модуль вектора.
4. Направление вектора определяется по направляющим косинусам

Задачи на равновесие системы сходящихся сил решаются в следующей последовательности:

1. Выбираем объект равновесия – точку, (тело или систему твердых тел) равновесие которой в данной задаче рассматривается. Изображаем их на чертеже.

2. Прикладываем к объекту равновесия все активные как заданные силы, так и те, которые требуется определить.

3. Вводим координатные оси.

4. Выявляем наложенные на объект связи. В соответствии с принципом освобожденности от связей отбрасываем связи, заменяем их реакциями и изображаем их на чертеже.

5. Записываем уравнения равновесия на координатные оси.

6. После решения уравнений равновесия проводим анализ полученных результатов и делаем проверку.

7. В задачах статики часто приходится определять усилия в стержнях. Необходимо установить, как действуют растягивающиеся и сжимающиеся силы в стержнях на точки крепления стержней или узлы. В растянутом стержне реакции направлены от узлов внутрь стержня, в сжатом стержне к узлам наружу стержня.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач по теме: [6] - система сходящихся сил №№ 2.6; 2.10; 2.16; 2.29; 6.3; 6.5; 6.10;

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графических работ: [7]

№ 1 (С 1.1.) на тему «Определение равнодействующей системы сходящихся сил аналитическим и графическим способами»;

№ 2 (С 1.2.) на тему «Система сходящихся сил. Определение усилий в стержнях».

Практическое занятие 2

Тема: Плоская система сил. Условия и уравнения равновесия. Сочлененные конструкции.

Цель занятия:

- научиться рассчитывать алгебраические моменты сил и пар сил относительно точки и оси;

-научиться составлять уравнения равновесия тел и сочлененных конструкций, находящихся под действием плоской системы сил;

-решение задач на равновесие твердого тела или системы тел, к которым приложена плоская система сил.

Вопросы для подготовки:

1. Момент силы относительно точки.
2. Основные свойства пар сил.
3. Теорема Вариньона для плоской системы сил.
4. Теорема Пуансо о приведении силы к точке, приведение произвольной плоской системы сил к точке.
5. Условия и уравнения равновесия плоской системы сил.
6. Понятие о силах внешних и внутренних.

7. Равновесие систем тел.

Методические рекомендации к решению задач.

Задачи на равновесие плоской системы сил можно условно разбить на четыре основных типа:

1. Задачи на равновесие плоской системы параллельных сил.
2. Задачи на равновесие плоской системы сил, расположенных произвольно.
3. Задачи на равновесие составных конструкций.
4. Задачи на равновесие тела, которое может опрокидываться.

Задачи первых трех типов (**задачи на равновесие**) рекомендуется решать в следующем порядке:

1. Выбираем объект равновесия – тело (или систему твердых тел) равновесие которого в данной задаче рассматривается. Строим чертеж.

2. Изображаем на чертеже все активные силы - как заданные, так и те, которые требуется определить.

3. Вводим декартову систему координат.

4. Выявляем и классифицируем наложенные на объект связи. В соответствии с принципом освобожденности от связей отбрасываем связи, заменяем их реакциями и изображаем реакции на чертеже.

5. Устанавливаем, какая система сил действует на объект равновесия, выясняем число неизвестных величин и убеждаемся в том, что система статически определимая.

6. Заменяем распределенную нагрузку сосредоточенной силой. Значения и точки приложения равнодействующей распределенных нагрузок необходимо определять отдельно для каждого участка с указанным для него характером изменения интенсивности нагрузки.

7. Заменяем наклонные силы в соответствии с теоремой Вариньона их проекциями на координатные оси.

8. Если для решения задачи предлагается составная конструкция, то разбиваем ее части и вычерчиваем схемы для каждой части конструкции. При этом в месте сочленения тел возникают две силы, одна из которых приложена к одной части конструкции, а другая ко второй. Эти силы равны по модулю, направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны (в соответствии с третьим законом Ньютона).

9. Записываем уравнения равновесия в проекциях на координатные оси.

10. После решения уравнений равновесия проводим анализ полученных результатов и делаем проверку.

Задачи на опрокидывание решаются в предположении, что твердое тело начинает отрываться от одной из опор. Поэтому реакцию этой опоры учитывать не следует. Тогда при равновесии тела реакция оставшейся опоры должна уравновешиваться равнодействующей заданных сил. Это означает, что линия действия равнодействующей заданных сил проходит через оставшуюся опору и, следовательно, момент равнодействующей силы относительно точки опоры равен нулю.

1. Выделяем твердое тело (конструкцию), возможность опрокидывания которого проверяется.

2. Изображаем на чертеже все заданные силы, действующие на тело.

3. Определяем опору, относительно которой может произойти опрокидывание тела.

4. Составляем уравнение моментов заданных сил относительно этой опоры.

5. Решив уравнение, определяем искомую величину (предельную силу или предельный размер).

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач по теме: [6]

- плоская система сил №№ 3.16; 3.18; 3.37; 4.15; 4.26; 4.28; 4.29; 4.32; 4.33; 4.34; 4.35; 4.43; 4.58; 4.59;

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графических работ: [7]

№ 3 (С-2) на тему «Определение реакций опор твердого тела»;

№ 4 (С-3) на тему «Определение реакций опор составной конструкции».

Практическое занятие 3

Тема: Пространственная система сил. Условия и уравнения равновесия.

Цель занятия:

- научиться рассчитывать алгебраические моменты сил и пар сил относительно оси;
- научиться составлять уравнения равновесия тел и сочлененных конструкций, находящихся под действием пространственной системы сил;
- решение задач на равновесие твердого тела или системы тел, к которым приложена пространственная система сил;
- иметь представление о главном векторе, главном моменте, равнодействующей плоской и пространственной системы произвольно расположенных сил;
- научиться приводить систему сил к простейшему виду и анализировать результаты;
- решение задач на приведение пространственной системы сил к простейшему виду.

Вопросы для подготовки:

1. Определение момента силы относительно оси.
2. Момент силы относительно начала координат.
3. Основная теорема статики для пространственной системы сил.
4. Условия и уравнения равновесия пространственной системы сил.
5. Условия равновесия пространственной системы параллельных сил.
6. Теорема о моменте равнодействующей пространственной системы сил (теорема Вариньона).
7. Статические инварианты.
8. Понятие о динамическом винте.
9. Приведение пространственной системы сил к динамическому винту.
10. Нахождение положения центральной оси динами.
11. Минимальный главный момент.
12. Приведение системы сил к равнодействующей.
13. Приведение системы сил к паре сил.
14. Отыскание условий, которым должны отвечать силы системы для ее приведения к заранее заданному простейшему виду.

Методические рекомендации к решению задач.

1. Задачи на приведение пространственной системы сил к простейшему виду следует решать в следующем порядке:
2. Выбрать систему координат, (если она не дана в условиях задачи) и принять ее начало за центр приведения. Заменяем наклонные силы в соответствии с теоремой Вариньона их проекциями на координатные оси.
3. Найти в общем виде проекции главного вектора на оси координат, а также его модуль и направление. В задачах с известными числовыми значениями исходных данных вычислить перечисленные величины и изобразить главный вектор на рисунке.
4. Получить выражения для модуля и направления главного момента системы сил или только его проекций. В задачах с известными числовыми значениями исходных данных вычислить перечисленные величины и изобразить главный момент на рисунке.

5. Определить минимальный главный момент и сделать вывод, к какому простейшему виду приводится данная система сил – к равнодействующей, к паре сил или к динамическому винту.

5. Если система приводится к равнодействующей, то найти ее линию действия. С этой целью или произвести непосредственное приведение силы, равной главному вектору и приложенной в выбранном центре, и пары, имеющей момент образованный силами равными по модулю главному вектору, к одной силе.

7. В случае приведения системы сил к динамическому винту найти уравнение центральной оси и, если требуется в условиях задачи, определить углы, составляемые этой осью с осями координат, и точки ее встречи с координатными плоскостями. При нахождении углов, образованных центральной осью с координатными осями, следует учитывать, что они находятся непосредственно по направляющим косинусам главного вектора.

Задачи на исследование пространственной системы сил можно условно разбить на четыре основных типа:

1. Задачи на равновесие пространственной системы параллельных сил и сил, расположенных произвольно с целью определения реакций опор.

2. Задачи на равновесие составных конструкций.

3. Задачи на равновесие тела, которое может опрокидываться.

4. Задачи на приведение пространственной системы сил к простейшему виду.

Задачи на равновесие рекомендуется решать в следующем порядке:

1. Выбираем объект равновесия – тело (или систему твердых тел) равновесие которого в данной задаче рассматривается. Строим чертеж.

2. Изображаем на чертеже все активные силы – как заданные, так и те, которые требуется определить.

3. Вводим декартову систему координат.

4. Выявляем и классифицируем наложенные на объект связи. В соответствии с принципом освобожденности от связей отбрасываем связи, заменяем их реакциями и изображаем реакции на чертеже.

5. Устанавливаем, какая система сил действует на объект равновесия, выясняем число неизвестных величин и убеждаемся в том, что система статически определимая.

6. Заменяем распределенную нагрузку сосредоточенной силой. Значения и точки приложения равнодействующей распределенных нагрузок необходимо определять отдельно для каждого участка с указанным для него характером изменения интенсивности нагрузки.

7. Заменяем наклонные силы в соответствии с теоремой Вариньона их проекциями на координатные оси.

8. Если для решения задачи предлагается составная конструкция, то разбиваем ее части и вычерчиваем схемы для каждой части конструкции. При этом в месте сочленения тел возникают две силы, одна из которых приложена к одной части конструкции, а другая ко второй. Эти силы равны по модулю, направлены вдоль одной прямой, но в противоположные стороны (третий закон Ньютона).

9. Записываем уравнения равновесия на координатные оси.

10. После решения уравнений равновесия проводим анализ полученных результатов и делаем проверку.

В задачах на опрокидывание без нахождения опорных реакций определяют модули или расположение активных сил (одной силы, вращающего момента), обеспечивающих равновесие тела, в частности отсутствие его опрокидывания.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач по теме: [6] №№8.16; 8.17; 8.19; 8.21; 8.22; 8.23; 8.26; 8.27; 8.28; 8.29; 8.34; 8.36; 8.37.

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графических работ: [7]

№ 5 (С-7) на тему «Определение реакций опор твердого тела».

Практическое занятие 4

Тема: Центр тяжести.

Цель занятия:

- иметь представление о системе параллельных сил и центре системы параллельных сил, о силе тяжести и центре тяжести;

- знать методы для определения центра тяжести тела и формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур;

- уметь определять положение центра тяжести простых геометрических фигур, составленных из стандартных профилей;

Вопросы для подготовки:

1. Понятие силы тяжести и ее точка приложения.
2. Центр параллельных сил.
3. Центр тяжести однородных плоских тел.
4. Почему силы притяжения к Земле, действующие на точки тела, можно принять за систему параллельных сил?
5. Что такое центр тяжести тела?
6. Что называется центром взаимно параллельных сил? Каким свойством он обладает?
7. Как определить координаты центра взаимно параллельных сил?
8. По каким формулам можно определить координаты центра тяжести однородного тела (объемного, образованного поверхностью, линейного)?
9. Запишите формулы для определения положения центра тяжести простых геометрических фигур: прямоугольника, треугольника, трапеции, половины круга, дуги окружности, кругового сектора.
10. В чем заключается метод симметрии при определении центра тяжести тела?
11. В чем заключается метод разбиения при определении центра тяжести тела?
12. В чем заключается метод отрицательных масс при определении центра тяжести тела?
13. Как определить положение центра тяжести площади, если известно положение центров тяжести отдельных ее частей?

Методические рекомендации к решению задач по теме центр тяжести.

При решении задач на определение положения центра тяжести любого однородного тела, составленного либо из тонких стержней (линий), либо из пластинок (площадей), либо из объемов, целесообразно придерживаться следующего порядка:

1. Выполнить чертеж тела, положение центра тяжести которого нужно определить. Так как все размеры тела обычно известны, при этом следует соблюдать масштаб.
2. Разбить тело на составные части (отрезки линий, площади или объемы), положение центров тяжести которых определяется исходя из размеров тела.
3. Определить или длины, или площади, или объемы составленных частей.
4. Ввести координатные оси.
5. Определить координаты центров тяжести составных частей.
6. Найденные значения длин и площадей, или объемов отдельных частей, а также координат их центров тяжести подставить в соответствующие формулы и вычислить координаты центра тяжести всего тела.
7. По найденным координатам указать на рисунке положение центра тяжести тела.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№4.62; 4.63; 4.65; 4.66; 4.68; 4.69; 4.70; 4.74; 4.78; 4.80.

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графической работы С-8 на тему «Определение положения центра тяжести твердого тела». [5]

Практическое занятие 5

Тема: Кинематика точки

Цель занятия:

- иметь представление о пространстве, времени, траектории, пути, скорости и ускорении;
- знать способы задания движения точки;
- уметь составлять уравнения движения точки и уравнение траектории;
- знать обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения, формулы для определения скоростей и ускорений, радиуса кривизны траектории.

Вопросы для подготовки:

1. Кинематические способы задания движения точки. Определение траектории точки.
2. Переход от уравнений движения в декартовых координатах к естественному способу задания движения точки.
3. Определение скорости и ускорения точки при задании ее движения в декартовой системе координат.
4. Определение скорости и ускорения точки при естественном способе задания ее движения.
5. Определение радиуса кривизны траектории по известному закону движения точки.
6. Комплексное определение различных кинематических параметров движения точки, заданного координатным способом.

Методические рекомендации к решению задач по теме кинематика точки.

Задачи по кинематике точки отличаются большим разнообразием. Они могут включать в себя в комплексе или в виде отдельных вопросов следующие темы:

- 1) составление уравнений движения точки;
- 2) определение по заданным уравнениям движения точки ее траектории, положения точки, скорости, ускорения и радиуса кривизны траектории;
- 3) переход от уравнений движения точки в декартовых координатах к полярным или естественному способу задания движения;
- 4) определение по некоторым заданным кинематическим параметрам движения точки других его параметров (например, пройденного пути по заданному времени или, наоборот, времени движения по известному положению точки, уравнения движения по заданному ускорению и т.п.)

Расчетно-графическая работа по кинематике точки соответствует второму типу задач.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№10.2(1-5); 10.4(1-4); 10.7; 10.12; 11.2; 11.3; 11.12; 12.9; 12.14; 12.16; 12.17; 12.21; 12.22; 12.23; 12.25; 12.27; 12.29.

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графической работы К-1 на тему «Определение абсолютной скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения». [5]

Практическое занятие 6

Тема: Простейшие движения твердого тела

Цель занятия:

-иметь представление о поступательном движении, его особенностях и параметрах, о вращательном движении тела и его параметрах;

-знать формулы для определения параметров поступательного и вращательного движений тела;

-уметь определять кинематические параметры любой точки тела.

Вопросы для подготовки:

1. Теорема о движении точек тела, совершающего поступательное движение. Классификация поступательных движений.

2. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси – определение, уравнение движения.

3. Угловая скорость: определение; формула для вычисления величины; ω как вектор; размерность.

4. Угловое ускорение: определение; формула для вычисления величины; ϵ как вектор; размерность.

5. Классификация вращательного движения в зависимости от ϵ .

6. Движение точки тела:

-скорость точки: векторное выражение, величина и направление;

-ускорение точки: величина и направление нормального (центростремительного), касательного и полного ускорения.

Методические рекомендации к решению задач по теме простейшие движения твердого тела.

1) решение задач на нахождение кинематических характеристик по заданному закону движения тела;

2) решение задач на определение закона движения тела и определение кинематических характеристик по данным задачи;

3) решение задач на преобразование простейших движений твердого тела.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№ 13.14, 13.15, 13.17, 13.18, 14.3, 14.4, 14.5.

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графической работы К 2 на тему: «Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях». [5]

Расчетно-графическая работа К 2 соответствует третьему типу задач.

Практическое занятие 7

Тема: Плоскопараллельное движение.

Цель занятия:

-знать разложение плоскопараллельного движения на поступательное и вращательное;

-знать способы определения мгновенного центра скоростей;

-знать определение угловой скорости тела и линейной скорости точек через МЦС;

-знать определение ускорений через полюс.

Вопросы для подготовки:

1. Задание положения и движения плоской фигуры, движущейся в своей плоскости. Уравнения движения.

2. Разложение плоскопараллельного движения на составляющие.

3. Кинематические характеристики плоского движения:

3.1. Скорость точки

3.1.1. Теорема о проекциях скоростей двух точек на ось, проходящую через эти точки;
3.1.2. Мгновенный центр скоростей: определение, способы нахождения; нахождение скоростей точек плоской фигуры с помощью мгновенного центра скоростей.

3.2. Ускорение точки

3.2.1. Вычисление ускорения через полюс.

3.2.2 Мгновенный центр ускорений: определение, способы нахождения; нахождение ускорений через мгновенный центр ускорений.

Методические рекомендации к решению задач по теме плоское движение твердого тела.

Задачи на определение различных кинематических параметров при плоском движении рекомендуется решать в следующем порядке:

1) анализируется движение всех звеньев механизма, и определяются те из них, которые совершают плоское движение;

2) находится положение мгновенного центра скоростей (МЦС) на пересечении перпендикуляра к скоростям двух известных точек;

3) определяется угловая скорость плоской фигуры (звена, совершающего плоское движение);

4) определение скоростей всех точек плоской фигуры как произведение угловой скорости на расстояние от точки до МЦС;

5) определяется ускорение всех точек, для этого записывается векторное равенство исходя из того, что ускорение любой точки можно определить как ускорение полюса (за полюс принимается точка, ускорение которой известно) плюс ускорение точки при вращательном движении относительно полюса;

6) записываются проекции этого векторного равенства на две взаимно перпендикулярные оси координат;

7) определяется угловое ускорение плоской фигуры.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№ 15.3; 16.31; 16.34; 16.35; 18.9; 18.13; 18.23; 18.26; 18.37

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графической работы К3 на тему «Определение скоростей и ускорений твердого тела при плоском движении». Выдача расчетно-графической работы К4 на тему «Определение скоростей твердого тела при плоском движении». [5]

Практическое занятие 8

Тема: Сложное движение точки.

Цель занятия:

- выработать практические навыки решения задач на сложное движение точки;
- иметь представление о системах координат, об относительном, переносном и абсолютном движении.

Вопросы для подготовки:

- сложное (абсолютное) движение точки и его составляющие: переносное и относительные движения;

- абсолютная, переносная и относительная скорости точки;

- теорема о сложении скоростей;

- абсолютное, переносное и относительное ускорения точки;

- теорема о сложении ускорений;

- ускорение Кориолиса и условия, при которых оно возникает;

- случаи, при которых ускорение Кориолиса равно нулю.

Методические рекомендации к решению задач по теме сложное движение точки.

- 1) объяснить, почему движение точки можно рассматривать как сложное;
- 2) определить характер относительного и переносного движения;
- 3) определить положение точки в относительном движении;
- 4) определить скорость и ускорение (или его составляющие, если движение криволинейное) в относительном движении, их направления показать на чертеже;
- 5) определить характеристики переносного движения;
- 6) определить радиус кривизны в переносном движении;
- 7) определить скорость и ускорение точки исходя из характера переносного движения, их направления показать на чертеже;
- 8) определить кориолисово ускорение;
- 9) записать векторные равенства для абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки, применив теорему о сложении скоростей и ускорений при сложном движении точки;
- 10) спроектировать векторные равенства на выбранные оси координат и найти проекции скорости и ускорения на эти оси;
- 11) определить модуль абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№ 22.5; 22.14; 22.15; 22.17; 23.7; 23.12; 23.18; 23.27; 23.47; 23.49.

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графической работы К 7 на тему «Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае вращательного переносного движения». Выдача расчетно-графической работы К 9 на тему «Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае поступательного переносного движения» [5].

Практическое занятие 9

Тема: Сложение движений абсолютно твердого тела

Цель занятия:

- выработать практические навыки решения задач на сложение вращений твердого тела вокруг параллельных и вокруг пересекающихся осей.

Вопросы для подготовки

1. Сложение вращений твердого тела вокруг осей пересекающихся в одной точке. Угловая скорость результирующего движения и ее определение.
2. Пара вращений. Момент пары вращений и определение скоростей точек твердого тела в случае, когда оно участвует в паре вращений.
3. Сложение двух вращений твердого тела вокруг параллельных осей. Мгновенная ось вращения и мгновенная угловая скорость результирующего движения.

Методические рекомендации к решению задач по теме сложение движений абсолютно твердого тела.

Задачи на сложение вращений вокруг пересекающихся осей имеют практическое применение в динамике полета летательных аппаратов, в теории гироскопов и в теории механизмов.

В задачах на сложение вращений твердого тела вокруг пересекающихся осей обычно требуется по заданным угловым скоростям переносного и относительного вращений определить абсолютную угловую скорость и угловое ускорение, а также абсолютные скорости и ускорения отдельных точек твердого тела. После этого абсолютные скорости и ускорения отдельных точек тела твердого тела могут быть найдены двумя путями.

Первый путь заключается в применении методов кинематики сферического движения, так как результирующим движением тела при сложении вращений вокруг пересекающихся осей является сферическое движение.

Второй путь заключается в применении методов кинематики сложного движения точки. В этом случае необходимо следует выделить тело, которое совершает сложное движение, а также определить относительное и переносное движения. Абсолютные скорости находят по теореме о сложении скоростей. Абсолютные ускорения точек твердого тела находят на основании теоремы о сложении ускорений, для чего последовательно находят переносные, относительные и кориолисовы ускорения и затем их сумма.

Для решения задач на сложение вращений тела вокруг параллельных осей согут использоваться различные приемы, целесообразность применения какого-либо из них определяется условиями задачи.

Первый метод решения подобных задач заключается в непосредственном использовании формул теории сложного движения тела.

Второй метод нахождения неизвестных угловых скоростей основан на мысленной остановке тела, совершающего переносное движение (метод Виллиса или метод обращения движения), при котором всей системе придается угловая скорость, равная по модулю и противоположная по направлению переносной скорости, т.е. скорость будет представлять собой относительную скорость. Далее, для определения абсолютной скорости тела переносное движение системы восстанавливается, и найденная относительная скорость алгебраически суммируется (с учетом направления) с угловой скоростью переносного движения.

Практическое занятие 10

Тема: Первая и вторая задачи динамики материальной точки. Дифференциальные уравнения движения материальной точки

Цель занятия:

- иметь представление о массе тела и ускорении свободного падения, о связи между силовыми и кинематическими параметрами движения, о двух основных задачах динамики;
- отработка практических навыков составления и интегрирования дифференциальных уравнений движения материальной точки.

Вопросы для подготовки:

1. Основные понятия динамики.
2. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета.
3. Основные законы динамики точки.
4. Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
5. Две основные задачи динамики и алгоритм их решения.
6. Начальные условия и их использование для определения постоянных интегрирования.

Методические рекомендации к решению задач по теме динамика материальной точки.

Задачи динамики делятся на две большие группы.

- 1) задачи, в которых по заданному закону движения точки находятся действующие на нее силы (первая задача динамики);
- 2) задачи, в которых по заданным силам, действующим на точку, определяется закон ее движения (вторая задача динамики).

Первая задача динамики.

- 1) используя заданные уравнения движения, найти путем двойного дифференцирования проекции ускорения на координатные оси;

2) записать дифференциальные уравнения движения точки в скалярном виде и определить из них проекции на координатные оси равнодействующей всех сил, приложенных к точке, как функции времени;

3) определить модуль равнодействующей и ее направляющие косинусы.

Вторая задача динамики.

1) выбрать и изобразить на чертеже систему координат;

2) изобразить на рисунке точку в текущем положении и действующие на точку силы;

3) написать дифференциальные уравнения движения точки в векторном виде;

4) спроектировать эти векторные равенства на координатные оси;

5) в зависимости от условий задачи найти первые и вторые интегралы дифференциальных уравнений;

6) определить начальные условия движения точки;

7) определить постоянные интегрирования исходя из начальных условий;

8) определить требуемые по условиям задачи величины.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№ 26.1; 26.5; 26.9; 26.10; 26.11; 26.15; 26.16; 27.1; 27.2; 27.7; 27.15; 27.19; 27.30; 27.31; 27.32; 27.46;

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графической работы Д 1 на тему: «Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки». [5]

Практическое занятие 11

Тема: Общие теоремы динамики: теорема о движении центра масс, теорема об изменении количества движения

Цель занятия:

-отработка практических навыков решения задач на применение общих теорем динамики материальной точки и механической системы, в которых используются теоремы о движении центра масс.

-отработка практических навыков решения задач на применение общих теорем динамики материальной точки и механической системы, в которых используются теорема об изменении количества движения механической системы

Вопросы для подготовки:

1. Механическая система. Силы внешние и внутренние. Масса системы. Центр масс.

2. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения движения центра масс.

3. Количество движения точки и механической системы. Импульс силы.

4. Выражение количества движения системы через скорость центра масс.

5. Теорема об изменении количества движения системы в дифференциальной и интегральной форме.

6. Закон сохранения количества движения.

Методические рекомендации к решению задач по теме «Теорема о движении центра масс».

Задачи, решаемые с использованием теоремы о движении центра масс, можно разделить на следующие типы:

1) определение действующих на систему внешних сил по заданному закону движения ее точек (тел);

2) нахождение закона движения центра масс системы по заданным внешним силам;

3) определение закона движения одной из точек (тел) системы по заданным внешним силам и законам движения остальных точек системы;

4) использование для решения задачи законов сохранения движения центра масс системы.

Задачи необходимо решать в следующем порядке:

- 1) изобразить на схеме все внешние силы, действующие на систему;
- 2) выбрать систему координат;
- 3) записать теорему о движении центра масс в векторном виде, а затем в проекциях на координатные оси;
- 4) найти проекции известных из условий задачи внешних сил на оси координат и подставить их в уравнения;
- 5) по известным законам движения всех точек системы и их массам определить проекции ускорения центра масс;
- 6) по дифференциальным уравнениям найти искомую силу.

-отработка практических навыков решения задач на применение общих теорем динамики материальной точки и механической системы, в которых используются теорема об изменении количества движения механической системы и теорема об изменении кинетического момента.

Методические рекомендации к решению задач по теме «Теорема об изменении количества движения».

- 1) выявить совокупность тел, входящих в систему;
- 2) выбрать систему координат;
- 3) определить координаты центров масс системы;
- 4) определить проекции на координатные оси и, если требуется по условиям задачи, модуль скорости центра масс;
- 5) вычислить проекции на координатные оси, а также модуль и направляющие косинусы вектора количества движения системы;

Практические занятия и самостоятельная работа по теме «Теорема о движении центра масс механической системы» включает в себя решение задач: [6] №№ 28.2; 28.3; 28.4; 28.9; 35.4; 35.5; 35.10; 35.11; 35.17; 35.18; 35.19; 35.20; 35.21.

Практические занятия и самостоятельная работа по теме «Теорема об изменении количества движения механической системы» включает в себя решение задач: [6] №№ 36.3; 36.4; 36.5; 36.8; 36.9; 36.11; 28.4; 28.8;

Практическое занятие 12

Тема: Общие теоремы динамики: теорема об изменении кинетической энергии.

Цель занятия:

- отработка практических навыков решения задач динамики механической системы, в которых используются теоремы об изменении кинетической энергии системы.

Вопросы для подготовки:

1. Момент инерции относительно полюса, оси и плоскости.
2. Осевые и центробежные моменты инерции, их математические выражения.
3. Радиус инерции и его физический смысл.
4. Моменты инерции относительно параллельных осей.
5. Эллипсоид инерции.
6. Главные оси инерции и их свойства.
7. Частные случаи определения кинетической энергии твердого тела.
8. Работа постоянной силы на прямолинейном пути.
9. Работа силы, зависящей от координат точки.
10. Работа сил тяжести, действующих на систему.
11. Работа и мощность сил, приложенных к вращающемуся телу.

12. Работа и мощность сил, приложенных к телу при плоском движении.
13. Понятие о мощности и формулы для ее определения.
14. Теорема об изменении кинетической энергии изменяемых и неизменяемых систем.
15. Потенциальное силовое поле. Работа сил потенциального поля.
16. Понятие о потенциальной энергии.
17. Закон сохранения механической энергии.

Методические рекомендации к решению задач по теме «Теорема об изменении кинетической энергии».

Для определения кинетической энергии системы необходимо:

- 1) установить характер движения всех тел системы;
- 2) получить выражения для кинетической энергии каждого из тел в соответствии с совершаемым им движением (поступательное, вращательное или плоское);
- 3) выразить все линейные и угловые скорости тел через скорость того тела, движение которому задаем;
- 4) определить кинетическую энергию механической системы, просуммировав кинетические энергии отдельных тел;
- 5) изобразить на чертеже все внешние силы;
- 6) найти перемещения точек приложения тех сил, которые совершают работу при движении системы;
- 7) найти углы поворота тел, к которым приложены моменты;
- 8) выразить все линейные и угловые перемещения тел через перемещение того тела, движение которому задаем;
- 9) составить выражения для работ, совершаемых внешними силами, и найти их сумму;
- 10) записать теорему об изменении кинетической энергии и определить искомую величину.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№ 38.2; 38.4; 38.12; 38.15; 38.20; 38.24; 38.27; 38.30; 38.39; 38.45; 38.51; 37.4; 37.12; 37.43; 37.52; 47.3; 47.7; 47.9; 47.11; 47.12.

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графической работы Д10 на тему «Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы». [5]

Практическое занятие 13

Тема: Общие теоремы динамики: теорема об изменении кинетического момента.

Цель занятия:

-отработка практических навыков решения задач на применение общих теорем динамики материальной точки и механической системы, в которых используются теорема об изменении кинетического момента.

Вопросы для подготовки:

1. Момент количества движения материальной точки и механической системы.
2. Кинетический момент механической системы относительно полюса.
3. Кинетический момент механической системы относительно неподвижной оси. Кинетический момент абсолютно твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.
4. Теорема об изменении кинетического момента механической системы.
5. Закон сохранения кинетического момента системы.

Методические рекомендации к решению задач по теме «Теорема об изменении кинетического момента».

- 1) выбрать систему координат;

- 2) изобразить на чертеже все действующие внешние силы;
- 3) написать выражения для главных моментов всех внешних сил системы относительно осей выбранной системы координат;
- 4) составить выражения для кинетического момента механической системы относительно неподвижной оси;
- 5) записать теорему об изменении кинетического момента механической системы.

13.3 Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№ 37.4; 37.5; 37.12; 37.26; 37.28; 37.43; 37.50; 37.52; 37.57; 37.58;

Практическое занятие 14

Тема: Принцип возможных перемещений.

Цель занятия:

-отработка практических навыков решения задач на равновесие несвободной материальной системы при помощи принципа возможных перемещений;

Вопросы для подготовки:

1. Классификация аналитических связей .
2. Виртуальное перемещение материальной точки.
3. Дифференциал и вариация функции.
4. Условие идеальности связей.
5. Виртуальное перемещение системы материальных точек.
6. Принцип возможных перемещений.

Методические рекомендации к решению задач

- 1) изобразить схематически материальную систему, равновесие которой рассматривается, и все активные силы, включая силу трения, показать на чертеже;
- 2) согласно принципу освобожденности от связей, отбросить связи и заменить их реакциями связей;
- 3) выбрать обобщенную координату, сообщить системе виртуальное перемещение, написать выражение для виртуальной работы (или обобщенной силы) и , приравняв ее нулю, определить искомые величины.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№ 41.3; 41.10; 41.17; 42.8; 46.1; 46.3; 46.8; 46.9; 46.10; 46.18; 46.19; 46.21; 46.22; 46.24; 46.25; 46.27;

Практическое занятие 15

Тема: Принцип Даламбера.

Цель занятия:

- отработка практических навыков решения задач на равновесие материальной системы при помощи принципа Даламбера.

Вопросы для подготовки:

1. Силы инерции и моменты сил инерции, частные случаи приведения сил инерции. Метод кинетостатики.
2. Принцип Даламбера для точки
3. Принцип Даламбера для механической системы.
4. Определение работы, совершаемой силами инерции, при различных видах движения твердого тела.

Методические рекомендации к решению задач по теме «Принцип Даламбера».

- 1) выделить точку, движение которой рассматривается;
- 2) выявить все активные силы изобразить их приложенными к точке на чертеже;

- 3) освободить точку от связей и заменить их реакциями связей;
- 4) добавить к полученной системе сил силу инерции;
- 5) записать уравнения равновесия полученной системы сил и определить искомые величины.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6]
- по теме «принцип Даламбера»: №№ 41.3; 41.10; 41.16; 41.17; 42.8; 46.10; 46.21; 46.22; 46.27; 47.1; 47.9; 47.11; 47.15.

Практическое занятие 16

Тема: Общее уравнение динамики.

Цель занятия:

- отработка практических навыков решения задач на общее уравнение динамики материальных систем.

Вопросы для подготовки:

1. Принципы механики, используемые при выводе общего уравнения механики.
2. Принцип Даламбера – Лагранжа.
3. Общее уравнение динамики.

Методические рекомендации к решению задач по теме «Общее уравнение динамики»

- 1) изобразить на чертеже все активные силы и силы трения, если они действуют;
- 2) к активным силам добавить силы инерции и моменты сил инерции, направив их противоположно линейным или угловым ускорениям;
- 3) сообщить системе столько независимых между собой возможных перемещений, сколько степеней свободы имеет система;
- 4) выразить все линейные и угловые ускорения через ускорение того тела, движение которому мы задаем;
- 5) выразить все линейные и угловые возможные перемещения через возможные перемещения того тела, движение которому мы задаем;
- 6) записать общее уравнение динамики и определить искомые величины.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6]
№№ 47.1; 47.3; 47.4; 47.5; 47.6; 47.9; 47.11; 47.12; 47.15 47.21; 47.24.

Расчетно-графическая работа

Выдача расчетно-графической работы Д19 на тему «Применение общего уравнения динамики к механической системе с одной степенью свободы». [5]

Практическое занятие 17

Тема: Уравнения Лагранжа второго рода

Цель занятия:

- отработка практических навыков составления дифференциальных уравнений движения материальной системы с помощью уравнений Лагранжа второго рода.

Вопросы для подготовки:

1. Обобщенные координаты.
2. Методы определения обобщенных сил.
3. Уравнения Лагранжа II рода.
4. Функция Лагранжа.
5. Достоинства уравнений Лагранжа II рода.

Методические рекомендации к решению задач по теме «Уравнения Лагранжа второго рода».

Уравнения Лагранжа второго рода представляют собой дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах. Для составления уравнений необходимо:

- 1) проанализировать состав рассматриваемой механической системы, в которую могут входить материальные точки и тела;
- 2) определить силы, приложенные к точкам и телам механической системы; выявить среди них консервативные силы;
- 3) определить число степеней свободы механической системы;
- 4) выбрать обобщенные координаты, зная координаты материальных точек и точек приложения сил к телам, входящих в систему;
- 5) выразить координаты точек приложения сил к телам и координаты материальных точек системы через координаты обобщенные;
- 6) определить обобщенные скорости;
- 7) определить кинетическую энергию механической системы с учетом выбранных обобщенных координат и скоростей;
- 8) определить частные производные от кинетической энергии по обобщенным координатам;
- 9) определить частные производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям;
- 10) определить производные по времени от частных производных от кинетической энергии по обобщенным скоростям;
- 11) определить обобщенные силы как коэффициенты перед вариациями обобщенных координат в выражении для виртуальной работы;
- 12) составить уравнения Лагранжа второго рода и определить искомые величины.

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№ 48.2; 48.3; 48.4; 48.6; 48.7; 48.11; 48.21; 48.26; 48.27; 48.28; 48.35; 48.36; 48.37; 48.39; 48.48

Практическое занятие 18

Тема: Малые колебания. Устойчивость равновесия. Колебания для систем с одной степенью свободы.

Цель занятия:

- отработка практических навыков составления дифференциальных уравнений и исследование малых колебаний потенциальных материальных систем с одной степенью свободы.

Вопросы для подготовки:

1. Понятие малых колебаний.
2. Устойчивость равновесия.
3. Свободные колебания с одной степенью свободы и их свойства.

Методические рекомендации к решению задач по теме «Малые колебания».

Основными типами задач на линейные колебания механической системы являются следующие:

- 1) определение закона движения системы по заданным действующим на нее силам, вызывающим ее малые колебания около положения устойчивого равновесия;
- 2) нахождение сил, действующих на колеблющуюся систему, по заданным ее параметрам и начальным условиям возникновения колебаний;

3) определение основных характеристик колебательного движения (круговых частот, декремента колебаний, коэффициента динамичности и т.п.) по известным параметрам колеблющейся системы;

4) определение параметров критических (резонансных) режимов колебательной системы.

Решение этих задач начинается с определения числа степеней свободы механической системы и выбора обобщенных координат. Далее определяется кинетическая энергия механической системы. Определяется потенциальная энергия и обобщенная сила. Используя уравнения Лагранжа второго рода, получаем уравнения малых колебаний. Исследуем эти уравнения и определяем параметры колебательной системы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какое состояние равновесия называется устойчивым?
2. Как формулируется теорема Лагранжа-Дирихле о достаточном признаке устойчивости положения равновесия системы в консервативном силовом поле?
3. Запишите формулы для определения кинетической и потенциальной энергий системы с конечным числом степеней свободы при малых колебаниях.
4. Расскажите о видах колебательных процессов.
5. Запишите дифференциальные уравнения свободных колебаний с одной степенью свободы при отсутствии сопротивления.
6. Запишите закон свободных колебаний и расскажите об их свойствах.
7. Запишите дифференциальные уравнения свободных колебаний с одной степенью свободы при наличии сопротивления.
8. Запишите закон свободных колебаний с сопротивлением и расскажите об их свойствах.
9. Запишите дифференциальные уравнения вынужденных колебаний с одной степенью свободы.
10. Запишите закон вынужденных колебаний с одной степенью свободы и расскажите об их свойствах.
11. Что называется коэффициентом динамичности и как он определяется?

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Практические занятия и самостоятельная работа включает в себя решение задач: [6] №№ 54.4; 54.5; 54.7; 54.8; 54.11.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

Выдача расчетно-графической работы Д23 на тему «Исследование свободных колебаний механической системы с одной степенью свободы».

2.2.3 Методические рекомендации по изучению дисциплины (внеаудиторная работа)

Самостоятельная работа – проявляется в узнавании, осмыслении, запоминании, подведении известного метода решения под новую задачу.

К самостоятельной работе помимо подготовки к лекционным и практическим занятиям относится выполнение расчетно-графических работ. Требования к выполнению и защите расчетно-графических работ изложены в п. 6 рабочей программы дисциплины.

Подготовка рефератов. Подготовка реферата предшествует самостоятельному поиску литературных сведений по заданной теме. Так как дисциплину «Теоретическая механика» изучает в основном студентами первого курса, реферат рассматривается как начальная форма участия студента в научно-исследовательской работе.

Выполнение заданий исследовательского характера. Этот вид деятельности развивает у студентов навыки самостоятельного мышления при решении нестандартных задач. Это

важная форма дифференциации и индивидуализации учебно-познавательной деятельности студентов, позволяющая им проявить свои индивидуальные особенности и интересы.

2.2.4 Методические рекомендации по изучению дисциплины (подготовка к экзамену)

1. При подготовке к экзамену важно понимать изучаемый материал, а не запоминать его механически. Механическая память относится к разряду кратковременных: если вы чего – то не поняли, этот материал быстро забудется. Дисциплина «Теоретическая механика» - это **ТЕОРИЯ**, без которой невозможно освоить курс и научиться решать задачи.

2. **Не читайте подряд весь конспект** (учебник). Повторяйте по вопросам. Прочитав вопрос, вспомните и проговорите все, что вы знаете по этому вопросу. Особое внимание обратите на формулировки и формулы. Проверьте умение решать задачи по этому вопросу. Только после этого переходите к следующему вопросу.

3. В конце каждого дня подготовки к экзамену проверьте, как вы усвоили материал, кратко запишите планы ответов на проработанные вопросы.

4. Обязательно разбирайте задачи, научитесь выполнять практическое задание на каждую тему.

5. При изучении курса теоретической механики студенту вначале следует ответить на вопрос: на каком уровне он желает изучать механику? Возможны следующие уровни усвоения материала:

- **уровень узнавания материала.** На этом уровне экзамен сдать практически невозможно;

- **уровень понимания написанного.** Этот уровень означает изучение и знание терминологии дисциплины, и знание основных формул. На этом уровне экзамен можно сдать только с оценкой «удовлетворительно»;

- **уровень воспроизведения материала.** Изучая дисциплину на этом уровне важно не только знать формулы и проводить соответствующие выкладки, но и раскрывать их смысл на языке теоретической механики. На этом уровне экзамен можно сдать на хорошо и отлично.

2.3 Контроль знаний

Для контроля знаний используются следующие средства:

- **предварительный контроль** – состоит в установлении исходного уровня подготовки и познавательной деятельности студента;

- **текущий контроль** – важнейшая функция обратной связи между студентом и преподавателем. Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования студентов, по результатам выполнения самостоятельной работы. В течение семестра выполняются контрольные задания (расчетно-графические работы, контрольные работы, тестирование по темам). Результаты выполнения этих заданий являются обязательными для всех студентов и являются основанием для выставления оценок текущего контроля. Студенты, не выполнившие в полном объеме все задания текущего контроля, не допускаются кафедрой к сдаче экзамена, как не выполнившие график учебного процесса по дисциплине. Для студентов первого курса используется балльно-рейтинговая система обучения. Описание балльно-рейтинговой системы приводится в рабочей программе дисциплины (пункт 12);

- **итоговый контроль** – используется для оценки результатов обучения, достигнутых в конце работы над дисциплиной, он проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты, выполнившие учебный план изучения дисциплины. В экзаменационном билете три теоретических вопроса (по одному по каждому разделу дисциплины) и задача. Оценка «удовлетворительно» ставится, если по билету студент решил задачу и ответил на вопросы без выводов и доказательств формул (уровень знания формул и определений). Оценка «хорошо» ставится, если студент решил задачу, ответил на вопросы билета с выводом формул и

доказательством теорем (в доказательствах имеются пробелы и неточности) и ответил на дополнительные вопросы. Оценка «отлично» ставится, если студент решил задачу, ответил на вопросы билета с выводом формул и доказательством теорем и ответил на дополнительные вопросы.

Оценка студентов осуществляется с учетом:

- оценки по итогам промежуточного контроля;
- оценки за работу в семестре (рейтинг);
- оценки итоговых знаний в ходе экзамена.

Вопросы к экзамену приведены в рабочей программе дисциплины (пункт 9.5).

Примеры тестов по всем разделам приведены в рабочей программе.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины приведены в рабочей программе.

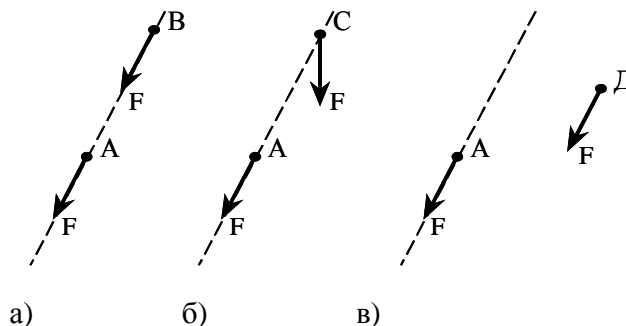
2.3.1 Тестовый контроль (примеры)

1. Тема «Основные понятия статики»

<p>1. Выберите наиболее полное и правильное определение материальной точки:</p> <ul style="list-style-type: none">а) материальная точка – это тело бесконечно малой массы;б) материальная точка – это тело конечной массы;в) материальная точка – это тело конечной массы, размерами которого можно пренебречь;г) материальная точка – это деформируемое тело конечной массы, размерами которого можно пренебречь.
<p>1. Какое предложение неверно?</p> <p>В статике решается задача:</p> <ul style="list-style-type: none">а) замена одной системы сил, действующей на твердое тело, другой эквивалентной ей системой;б) определение необходимых и достаточных условий равновесия механической системы, находящейся под действием сил по отношению к определенной системе координат.в) определение кинематических характеристик (скоростей и ускорений) различных точек материального тела.
<p>3. Выберите правильное продолжение: Уравновешивающей называется...</p> <ul style="list-style-type: none">а) сила, эквивалентная некоторой системе сил.б) сила, равная по модулю равнодействующей и направлена по линии её действия в противоположную сторону
<p>4. Равномерно распределенную нагрузку интенсивности q, приложенную к балке на участке АВ, можно заменить:</p> <ul style="list-style-type: none">а) сосредоточенной силой $q \cdot AB$, приложенной к опорам;б) сосредоточенной силой $q \cdot AB$, приложенной в любом месте;в) сосредоточенной силой $q \cdot AB$, приложенной в середине участка АВ;г) только другой распределенной нагрузкой.
<p>5. Действие силы на тело определяется:</p> <ul style="list-style-type: none">А) Численной величиной (модулем).Б) Направлением силы.В) Точкой приложения силы.Г) Численной величиной и направлением силы.Д) Модулем, направлением силы и точкой приложения силы.
<p>6. Если данная система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется ...</p> <ul style="list-style-type: none">а) уравновешивающей.Б) равнодействующей.
<p>7. Силы, действующие на все точки данного объема или данной части поверхности тела, называются ... А) сосредоточенными силами. Б) распределенной нагрузкой.</p>

2. Тема «АКСИОМЫ СТАТИКИ»

1. В каком из случаев, указанных на рисунках а), б) и в), перенос силы из точки A в точки B , C или D не изменит механического состояния твердого тела?



2. На рис. б) (см. пункт 1) изображены две силы, линии действия которых, лежат в одной плоскости. Можно ли найти их равнодействующую по правилу параллелограмма?

а) Можно; б) Нельзя.

3. Почему силы действия и противодействия не могут взаимно уравновешиваться?

- а) Эти силы не равны по модулю;
- б) Они не направлены по одной прямой;
- в) Они не направлены в противоположные стороны;
- г) Они приложены к разным телам.

4. Какое утверждение неверно?

а) действие системы сил на твердое тело не изменится, если к ней добавить или отнять уравновешенную систему сил;

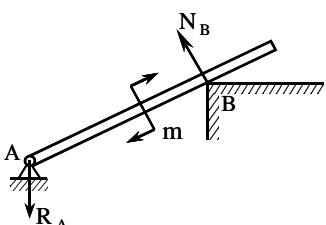
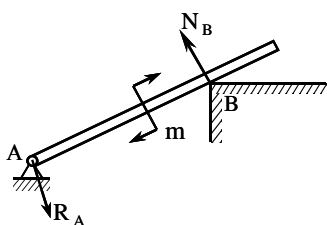
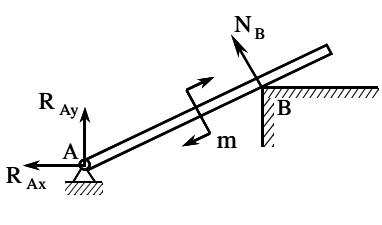
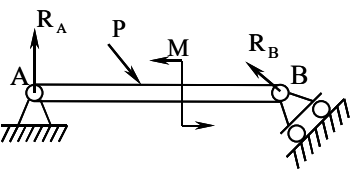
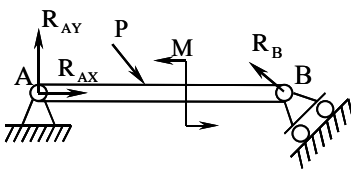
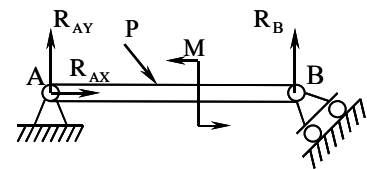
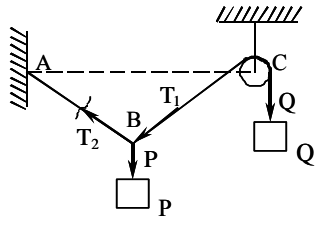
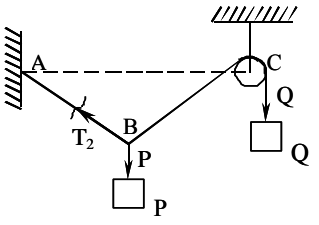
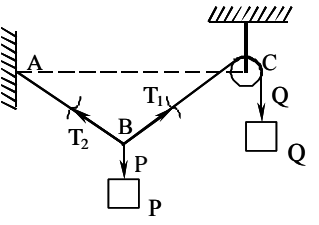
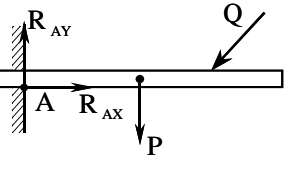
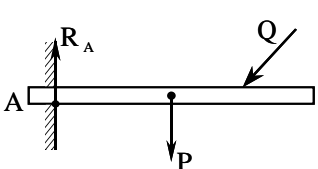
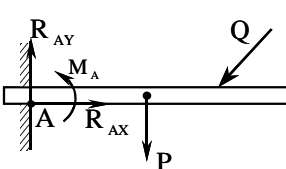
б) действие силы на твердое тело изменится, если к ней добавить или отнять уравновешенную систему сил;

в) при рассмотрении равновесия твердого тела внутренние силы можно не учитывать, так как они образуют уравновешенную систему сил.

5. Если к абсолютно твердому телу приложить две силы, равные по модулю и направленные по одной прямой в противоположные стороны, то равновесие тела:

а) Нарушится; б) Не нарушится.

3. Тема «Связи и реакции связей»

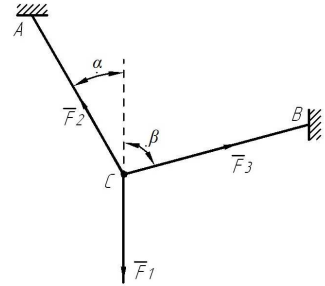
<p>1. Что такое связь?</p> <p>а) Сила, с которой одно тело ограничивает движение другого тела; б) Любое тело, ограничивающее свободу передвижения данного тела; в) Система из нескольких тел; г) Система из нескольких сил.</p>
<p>2. Укажите связи, для которых реакции всегда направлены по нормали к поверхности.</p> <p>а) Связь в виде гладкой плоскости; б) Гибкая связь; в) Связь в виде жесткого стержня; д) Шероховатая плоскость. г) Ребро двугранного угла и гладкая плоскость;</p>
<p>3. На каком рисунке правильно показаны направления реакций связей?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>а)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>б)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>в)</p> </div> </div>
<p>4. На каком рисунке правильно составлена расчетная схема?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>а)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>б)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>в)</p> </div> </div>
<p>5. На каком рисунке правильно составлена расчетная схема?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>а)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>б)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>в)</p> </div> </div>
<p>6. На каком рисунке правильно составлена расчетная схема?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>а)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>б)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>в)</p> </div> </div>

4. Тема «Система сходящихся сил»

1. Определить модуль равнодействующих двух равных по модулю сходящихся сил

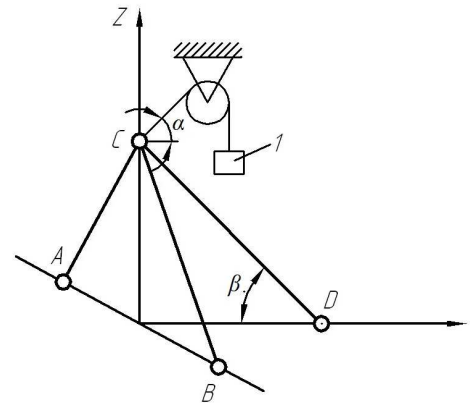
$$F_1 = F_2 = 5H, \text{ образующих между собой угол } \alpha = 45^\circ.$$

2. Определить модуль силы \vec{F}_3 натяжение троса BC , если известно, что натяжение троса AC равно $F_2 = 15H$. В положении равновесия углы $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 75^\circ$



3. По заданным проекциям силы \vec{F} на оси координат: $F_x = 20H, F_y = 25H, F_z = 30H$, определить модуль этой силы.

4. Груз 1 весом $60H$ удерживается в равновесии стержнями AC, BC и DC , шарнирно соединенными в точке C , и веревкой, переброшенной через блок E углом $\alpha = 30^\circ$. Определить усилия в стержне DC , если угол $\beta = 45^\circ$.



В
ПОД

5. Определить модуль равнодействующей трех сходящихся сил, если заданы их проекции на оси координат: $F_{1x} = 7H; F_{1y} = 10H; F_{1z} = 0H; F_{2x} = -5H; F_{2y} = 15H; F_{2z} = 12H; F_{3x} = 6H; F_{3y} = 0H; F_{3z} = -6H;$

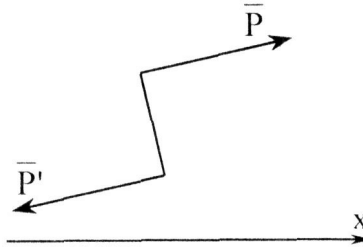
5. Тема «Плоская система сил»

1. Вставьте пропущенные слова:

Проекция силы на ось равна произведению силы на угла между силой

2. Чему равна сумма проекций сил пары с моментом «m» на ось x?

- 1) 0.
- 2) m.
- 3) 2P.
- 4) P.
- 5) Нет правильного ответа.



3. Однородный брус АВ длиной l и весом \bar{Q} опирается на гладкую цилиндрическую поверхность радиуса r, причем один конец его А закреплен шарнирно, а к другому концу подвешен груз весом \bar{P} . Определить опорные реакции, если $\angle BAO=60^\circ$. Укажите, в каком пункте решения Допущена ошибка.

1) Расчётная схема.

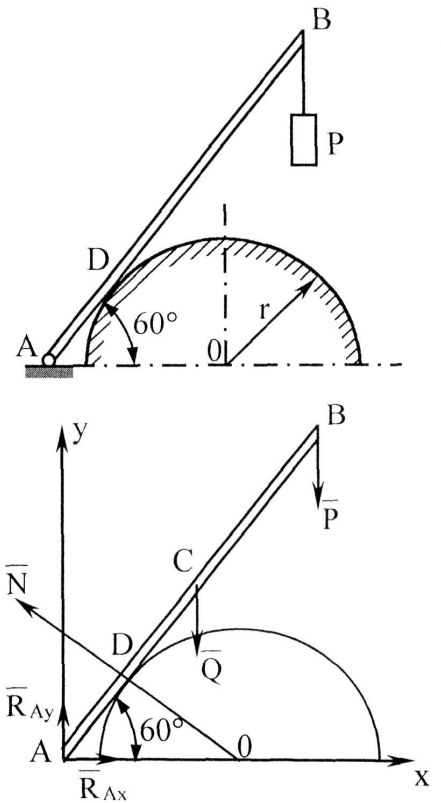
2) $\sum F_x = 0; R_{Ax} - N \cdot \cos 30^\circ = 0$

3) $\sum F_y = 0; R_{Ay} + N \cdot \cos 60^\circ - P - Q = 0$

4) $\sum M_A(F_K) = 0; -P \cdot l \cdot \cos 30^\circ - Q \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 30^\circ + N \cdot AD = 0$

5) $N = \frac{2}{3} \cdot \frac{l}{2} \cdot (P + \frac{Q}{2}); R_{Ay} = P + Q - \frac{N}{2};$

$$R_{Ax} = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{4} \cdot \frac{l}{2} \cdot (P + \frac{Q}{2});$$



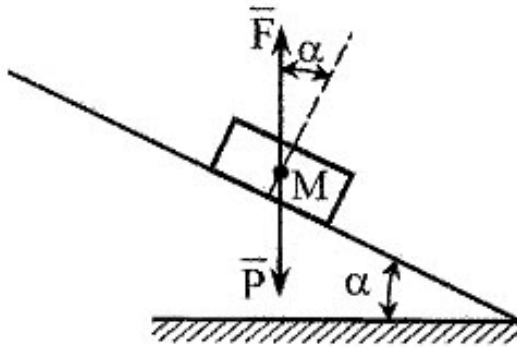
4. Вставьте пропущенные слова:

Парой сил называют две параллельные силы, равные по и направленные в стороны

5. Укажите размерность момента силы.

- 1) Н/м².
- 2) Н/м.
- 3) Н·м².
- 4) Н·м.
- 5) Нет правильного ответа.

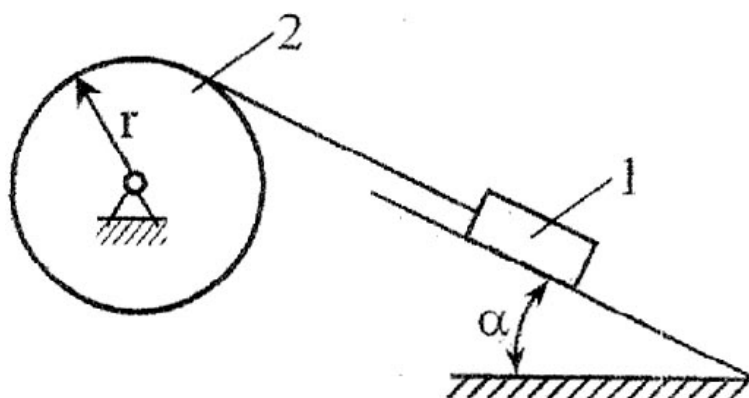
6. Тема «Динамика материальной точки»



Материальная точка М весом $P = mg$ движется вниз по наклонной плоскости из состояния покоя. На точку действует сила $F = 0,5mg$. Коэффициент трения скольжения равен f .

№ п/п	ОПРЕДЕЛИТЬ:		ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:
1	УСКОРЕНИЕ ТОЧКИ	1	$\ddot{x} = g(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		2	$\ddot{x} = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3	$\ddot{x} = g(f\cos\alpha - \sin\alpha)/4$
		4	$\ddot{x} = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
2	ЗАКОН ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ТОЧКИ	1	$\dot{x} = gt(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		2	$\dot{x} = gt(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		3	$\dot{x} = gt(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		4	$\dot{x} = gt(f\cos\alpha - \sin\alpha)/2$
3	ЗАКОН ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ	1	$x = gt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)/4$
		2	$x = gt^2(f\cos\alpha - \sin\alpha)/4$
		3	$x = gt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		4	$x = gt^2(\sin\alpha + f\cos\alpha)/4$
4	КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ТОЧКИ В ФУНКЦИИ ОТ ВРЕМЕНИ	1	$T = Pgt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)^2/8$
		2	$T = Pgt^2(f\cos\alpha - \sin\alpha)^2/4$
		3	$T = Pgt^2(\sin\alpha + f\cos\alpha)^2/8$
		4	$T = Pgt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)/4$
5	КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ	1	$Q = Pt(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		2	$Q = Pt(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3	$Q = Pt(f\cos\alpha - \sin\alpha)/2$
		4	$Q = Pt(\sin\alpha - f\cos\alpha)/4$
6	ГЛАВНЫЙ ВЕКТОР СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ТОЧКУ	1	$R^e = P(f\cos\alpha - \sin\alpha)/2$
		2	$R^e = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		3	$R^e = P(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		4	$R^e = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$

7. Тема «Динамика механической системы»



Груз 1 весом P посредством невесомой нерастяжимой нити приводит в движение блок 2 весом $2P$ радиуса r . Коэффициент трения скольжения груза 1 – f . Блок 2 – однородный цилиндр. Трением, на оси блока пренебречь. Угол наклона плоскости движения груза к горизонту – α . В начальный момент система находилась в состоянии покоя.

№ п/п	ОПРЕДЕЛИТЬ:		ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:
1	УГЛОВУЮ СКОРОСТЬ БЛОКА	1	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2rt$
		2	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2r$
		3	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/r$
		4	$\omega = g(\cos\alpha - f\sin\alpha)t/2r$
2	КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ	1	$Q = P(\cos\alpha - f\sin\alpha)t/2$
		2	$Q = 3P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2$
		3	$Q = 3P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t$
		4	$Q = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2$
3	ВЕРТИКАЛЬНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ ДАВЛЕНИЯ БЛОКА НА ОПОРУ O	1	$N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		2	$N_B = 3P - P\cos^2\alpha$
		3	$N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)\cos\alpha/2$
		4	$N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)\sin\alpha/2$
4	ГЛАВНЫЙ МОМЕНТ СИЛ, ПРИЛОЖЕННЫХ К БЛОКУ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ O	1	$M_2 = Pr(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		2	$M_2 = Pr(\cos\alpha - f\sin\alpha)/2$
		3	$M_2 = 0$
		4	$M_2 = Pr(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
5	КИНЕТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ СИСТЕМЫ В ФУНКЦИИ ОТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ s ГРУЗА ВДОЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ	1	$T = PS(\cos\alpha - f\sin\alpha)$
		2	$T = PS(1 - f)$
		3	$T = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		4	$T = 3PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
6	РАБОТУ, ЗАТРАЧЕННУЮ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ГРУЗА s ВДОЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ	1	$A_1 = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		2	$A_1 = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3	$A_1 = PScos\alpha$
		4	$A_1 = PS(\cos\alpha - f\sin\alpha)/2$

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Теоретическая механика»

а) основная литература:

1. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики: учеб. пособие: В 2 т.: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004. - 730 с.: (и предыдущие издания).

3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учебник. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2002, 2003, 2006 – 416 с. (и предыдущие издания).

4. Яблонский А.А. и др. Курс теоретической механики. учеб. пособие: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004, 2001, 2002. - 765 с.: (и предыдущие издания).

б) дополнительная литература

1. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учеб. пособие: Доп. Мин. обр. СССР / Ред. А.А. Яблонский/. - М.: Интеграл-Пресс, 2004. - 382 с. (и предыдущие издания).

2. Диевский В.А. Теоретическая механика: сб. заданий: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2007. - 192 с.

3. Диевский В.А. Теоретическая механика: учеб. пособие: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2005. - 320 с.

4. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике: Учеб. пособие: рек.. Мин. обр. РФ/ М.: Высш. шк. 2002. – 336 с.

5. Цывильский В.Л. Теоретическая механика: Учеб. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2001, 2008. – 319 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Электронный ресурс библиотеки АмГУ: <http://www.@amursu.ru/>

4. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретическая механика»

1. Модели рычажных и зубчатых механизмов.

2. Тесты по темам.

3. Учебный видеофильм "Динамика",

4. Программы расчета на ПЭВМ.

5. Плакаты по теоретической механике.