|  |  |
| --- | --- |
|  | **«УТВЕРЖДАЮ»**  **Декан факультета**  **­­­­\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**  **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**  подпись ФИО  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  дата |

# Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Б1.Б.05 Теоретическая механика**

(наименование и индекс дисциплины в соответствии с учебным планом)

|  |  |
| --- | --- |
| **Направление подготовки** | **01.03.01 Математика** |
|  | **(код и наименование)** |

## **Направленность: Преподавание математики и информатики**

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Майкоп, 2019

Кафедра \_\_Теоретической физики\_\_\_

Составитель (разработчик) программы доцент кафедры, к.ф-м.н., Пономарев Максим Глебович

(ученая степень, ученое звание, Ф.И.О., подпись)

## Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теоретической физики, протокол

## № 1 от «30» августа 2019 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_д.ф-м.н., доцент Тлячев В.Б.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(ученая степень, ученое звание, Ф.И.О., подпись)

Согласовано:

Председатель УМК инженерно-физического факультета.

**Содержание**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | стр. | | |
|  |  |  | | |
|  | Пояснительная записка | | 4 |  |
|  | Цели и задачи дисциплины (модуля) | | 4 |  |
|  | Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы | | 5 |  |
|  | Содержание дисциплины (модуля) | | 5 |  |
|  | Самостоятельная работа обучающихся | | 27 |  |
|  | Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля) | | 28 |  |
|  | Образовательные технологии | | 29 |  |
|  | Методические рекомендации по дисциплине (модулю) | | 31 |  |
|  | Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов | | 35 |  |
|  | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) | | 36 |  |
|  | Лист регистрации изменений | | 37 |  |

**Пояснительная записка**

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО №943 от 07.08.2014 года по направлению подготовки 01.03.01 Математика. Направленность: Математическое моделирование.

Дисциплина «Теоретическая механика» относится к базовой части Блока 1 учебного плана.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и владения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин: математический анализ, .

*Трудоемкость дисциплины* 5 з.е. / 180 час.;

контактная работа 59,3 час.,

занятия лекционного типа - 28 час.,

занятия семинарского типа -28 час.,

иная контактная работа - 0,3 часа,

СР - 85 час.

контроль - 35,7 час.

Ключевые слова: механика, кинематика, движение материальной точки и твердого тела, законы сохранения и законы изменения, аналитическая механика, метод Лагранжа.

**1 Цели и задачи изучения дисциплины**

1.1. Цели преподавания дисциплины:

* обеспечить усвоение студентами основных законов, которым подчиняются движение материальных тел и возникающие при этом взаимодействия между телами;
* сформировать умение самостоятельной учебно-познавательной деятельностью по приобретению, овладению, применению знаний;
* обеспечить приобретение опыта творческой деятельности.

1.2. Задачи изучения дисциплины:

* выработать навыки использования теоретических знаний для решения практических задач;
* отразить применение математического аппарата и математических методов в теоретической механике для осмысления неразрывной связи с математикой;
* привить навыки современных видов математического мышления, развить мышление, способности и умения использования математического аппарата в теоретической механике.

**Требования к уровню освоения содержания дисциплины**

Конечные программные требования к овладению дисциплиной

В результате изучения дисциплины «Теоретическая механика» студент должен:

* усвоить основные законы, которым подчиняются движение материальных тел и возникающие при этом взаимодействия между телами;
* сформировать умение самостоятельной учебно-познавательной деятельностью по приобретению, овладению, применению знаний;
* сформировать умение самостоятельно приобретать и применять знания;
* выработать навыки использования теоретических знаний для решения практических задач;
* развить мышление, способности и умения использования математического аппарата в теоретической механике;

- развить мышление посредством решения задач различного уровня сложности и трудности;

- приобрести опыт творческой деятельности.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Теоретическая механика»:

**ОПК-1 готовностью использовать фундаментальные знания в области** математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, **теоретической механики** **в будущей профессиональной деятельности.**

**2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы.**

### Таблица 2. Трудоемкость дисциплины (модуля) общая трудоемкость: 5 з.е. / 180 ч.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виды учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
| VIII |
| *Трудоемкость дисциплины* | 180 | 180 |
| контактная работа: |  |  |
| занятия лекционного типа | 28 | 28 |
| занятия семинарского типа (семинары) | 28 | 28 |
| иная контактная работа | 0,3 | 0,3 |
| контроль | 35,7 | 35,7 |
| самостоятельная работа (СР) | 85 | 85 |
| Вид промежуточного контроля | экзамен | экзамен |

**3. Содержание дисциплины (модуля).**

### Таблица 3. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения - очная

Семестр - VIII

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  раздела | Наименование разделов  и тем дисциплины (модуля) | Объем в часах | | | | |
| Всего | Л | | С  (Практ. занятия) | СР и иная работа |
| ***Модуль 1. Основы кинематики*** | | | | | | |
| 1.1. | Кинематика точки | 10 | | 2 | 2 | 6 |
| 1.2. | Основы движения твёрдого тела | 10 | | 2 | 2 | 6 |
| 1.3. | Контрольное тестирование №1 (43 балла) | 8 | |  | 2 | 6 |
| **Итого** | **Итого по модулю 1** | **28** | | **4** | **6** | **18** |
| ***Модуль 2. Движение твердого тела*** | | | | | | |
| 2.1. | Движение твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Свободное твёрдое тело | 10 | | 2 | 2 | 6 |
| 2.2. | Сложное движение точки | 10 | | 2 | 2 | 6 |
| 2.3. | Сложное движение твёрдого тела | 10 | | 2 | 2 | 6 |
| 2.4. | Контрольное тестирование №2 (40 баллов) | 10 | |  | 2 | 6 |
| **Итого** | **Итого по модулю 2** | **60** | | **6** | **8** | **24** |
| ***Модуль 3. Динамика материальной точки*** | | | | | | |
| 3.1. | Динамика материальной точки | 10 | | 2 | 2 | 6 |
| 3.2. | Общие теоремы динамики материальной точки | 10 | | 4 | 2 | 6 |
| 3.3. | Контрольное тестирование №1 (37 баллов) | 10 | |  | 2 | 6 |
| **Итого** | **Итого по модулю 3** | **60** | | **6** | **6** | **18** |
| ***Модуль 4. Основы аналитической механики*** | | | | | | |
| 4.1. | Несвободное движение | 10 | | 4 | 2 | 6 |
| 4.2. | Динамика материальной системы | 10 | | 4 | 2 | 6 |
| 4.3. | Аналитическая механика | 10 | | 4 | 2 | 7 |
| 4.4. | Контрольное тестирование №2 (42 балла) | 10 | |  | 2 | 6 |
| **Итого** | **Итого по модулю 4** | **60** | | **12** | **8** | **25** |
| ***Итого по курсу (без иная контактная работа и контроль*** | ***140*** | | ***28*** | ***30***  (+КСР 2часа) | ***85*** |

**Содержание лекций**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Порядковый номер лекции | Содержание лекции | | |
| Модуль 1 (23 балла). | | | |
|  | **Кинематика точки.** Основные определения. Способы задания движения. Закон движения. | |  |
|  | **Кинематика точки.** Скорость точки. | |  |
|  | **Кинематика точки.** Ускорение точки. | |  |
|  | **Кинематика точки.** Криволинейные координаты. | |  |
|  | **Основные движения твёрдого тела.**  Задание движения твёрдого тела. | |  |
|  | **Основные движения твёрдого тела.**  Простейшие движения твёрдого тела. Поступательное движение. Вращение вокруг неподвижной оси. Угловая скорость. Угловое ускорение. | |  |
| Модуль 2 (24 балла). | | | |
|  | **Движение твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Свободное твёрдое тело.**  Задание движения. Углы Эйлера. Распределение скоростей точек твёрдого тела, имеющего одну неподвижную точку. | |  |
|  | **Движение твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Свободное твёрдое тело.**  Мгновенная ось вращения. Мгновенная угловая скорость. Ускорения точек тела, имеющего одну неподвижную точку. | |  |
|  | **Движение твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Свободное твёрдое тело.** Движение свободного твёрдого тела. | |  |
|  | **Сложное движение точки.** Основные определения. Абсолютная и относительная производные вектора. | |  |
|  | **Сложное движение точки.** Теорема о сложении скоростей. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса). | |  |
|  | **Сложное движение твёрдого тела.** Постановка задачи. Сложение поступательных движений. Сложение вращений вокруг пересекающихся осей. Кинематические уравнения Эйлера. | |  |
| Модуль 3 (27 баллов). | |  |  |
| **1.** | **Динамика материальной точки.**  Предмет и задачи динамики. Инерциальные системы отсчёта. Основное уравнение динамики точки. Законы Ньютона. Дифференциальные уравнения движения материальной точки. |  |  |
| **13.** | **Динамика материальной точки.**  Первая задача динамики. Вторая задача динамики. Прямолинейное движение материальной точки. |  |  |
| **14.** | **Общие теоремы динамики материальной точки.**  Теорема об изменении количества движения материальной точки. Теорема об изменении момента количества движения материальной точки. |  |  |
| **4.** | **Общие теоремы динамики материальной точки.**  Работа силы. Мощность. Теорема об изменении кинетической энергии. |  |  |
| **5.** | **Общие теоремы динамики материальной точки.**  Силовое поле. Потенциальная энергия. Интеграл энергии. Понятие о рассеивании полной механической энергии. |  |  |
| Модуль 4 (26 баллов). | |  |  |
| **6.** | **Несвободное движение.**  Определение несвободного движения. Связи. Принцип освобождаемости. Уравнения связей. Классификация связей. Движение точки по гладкой неподвижной поверхности. Движение точки по гладкой неподвижной кривой. |  |  |
| **7.** | **Несвободное движение.**  Естественные уравнения движения. Математический маятник. Теорема об изменении кинетической энергии для несвободного движения. Метод кинетостатики для точки (принцип Даламбера). |  |  |
| **8.** | **Динамика материальной системы.**  Центр масс. Внешние и внутренние силы. Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек. Количество движения материальной системы. Теорема об изменении количества движения материальной системы. Теорема о движении центра масс. |  |  |
| **9.** | **Динамика материальной системы.**  Момент количеств движения материальной системы. Момент инерции. Теорема об изменении момента количеств движения материальной системы. Дифференциальное уравнение вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Момент количеств движения системы, участвующей в сложном движении. Кинетическая энергия материальной системы. Работа сил, приложенных к материальной системе. Теорема об изменении кинетической энергии материальной системы. Закон сохранения полной механической энергии материальной системы. |  |  |
| **10.** | **Аналитическая механика.**  Общее уравнение динамики. Уравнения Лагранжа второго рода. Особенности применения уравнений Лагранжа второго рода к системам с неидеальными и неудерживающими связями. Выражение кинетической энергии через обобщённые скорости и координаты. Обобщённый интеграл энергии. |  |  |
| **11.** | **Аналитическая механика.**  Виртуальные перемещения голономных систем. Идеальные связи. Принцип виртуальных перемещений. Обобщенные координаты и обобщенные силы. Условия равновесия в обобщенных координатах. |  |  |
| **12.** | **Аналитическая механика.**  Циклические координаты. Уравнения Рауса для систем с циклическими координатами. Уравнения Гамильтона. Принцип Гамильтона. Принцип Даламбера-Лагранжа для систем с идеальными связями. |  |  |

**Темы практических занятий**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1.** | **Динамика материальной точки.**  Первая задача динамики.Дифференциальные уравнения движения материальной точки. | Дискуссия, задача (упражнение),  формирование умений и навыков |
| **2.** | **Динамика материальной точки.**  Вторая задача динамики. | Упражнение, формирование умений и навыков |
| **3.** | **Общие теоремы динамики материальной точки.**  Теорема об изменении количества движения материальной точки. Теорема об изменении момента количества движения материальной точки. | Упражнение, формирование умений и навыков |
| **4.** | **Общие теоремы динамики материальной точки.**  Теорема об изменении кинетической энергии. Потенциальная энергия. Полная механическая энергия. | Упражнение, творческая деятельность |
| **6.** | **Несвободное движение.** | Упражнение, творческая деятельность |
| **7.** | **Динамика материальной системы.**  Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек. Теорема об изменении количества движения материальной системы. Теорема о движении центра масс. | Упражнение, творческая деятельность, |
| **8.** | **Динамика материальной системы.**  Теорема об изменении момента количеств движения материальной системы. Дифференциальное уравнение вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Теорема об изменении кинетической энергии материальной системы. Закон сохранения полной механической энергии материальной системы. | Упражнение, формирование умений и навыков |
| **9.** | **Аналитическая механика.**  Общее уравнение динамики. Уравнения Лагранжа второго рода. | Упражнение, формирование умений и навыков |
| **10.** | **Аналитическая механика.**  Принцип виртуальных перемещений. Обобщенные координаты и обобщенные силы. Условия равновесия в обобщенных координатах. | Упражнение, формирование умений и навыков |
| **11.** | **Аналитическая механика.**  Уравнения Рауса для систем с циклическими координатами. Уравнения Гамильтона. Принцип Гамильтона. Принцип Даламбера-Лагранжа для систем с идеальными связями. | Упражнение, формирование умений и навыков |

**Задания для практических занятий**

Тема 1. Кинематика точки (1 час)

* 1. Движение точки в плоскости XOY задано при помощи уравнений , и движение начинается в момент . Найти уравнение траектории в координатной форме.
  2. Движение точки в плоскости XOY задано уравнениями , . Найти уравнение траектории в координатной форме.
  3. Движение тяжёлой точки (например, артиллерийского снаряда) у поверхности Земли в предположении, что сопротивление воздуха пропорционально скорости точки, будет описываться уравнениями

,

где – постоянные величины.

Найти модуль и направление скорости в начальный момент времени. Найти также наибольшую высоту h подъёма точки над уровнем её начального положения, дальность L по горизонтали от начального положения точки до её наивысшего положения.

* 1. Снаряд движется в вертикальной плоскости, согласно уравнениям

.

Определить скорость и ускорение снаряда в начальный момент времени, высоту траектории, дальность полёта, а также радиус кривизны в начальной и наивысшей точках траектории.

* 1. Точка движется так, что её радиус-вектор образует со скоростью постоянный угол. Определить уравнение траектории в полярных координатах, если угол, образуемый скоростью с радиусом-вектором, постоянен и равен .
  2. Движение точки задано в полярных координатах уравнениями и , где *a* и *k* – заданные постоянные величины. Найти уравнение траектории, скорость, ускорение и радиус кривизны траектории точки как функции её радиус-вектора *r*.

Тема 2. Криволинейные координаты (1 час)

* 1. Найти скорость и ускорение точки в цилиндрической системе координат , , . Изобразите координатные линии и координатные оси.
  2. Найти скорость и ускорение точки в сферической системе координат , , . Изобразите координатные линии и координатные оси.
  3. Найти скорость и ускорение точки, движущейся равномерно по винтовой линии. Уравнения движения её в цилиндрической системе координат имеют вид

, , .

Определить касательную и нормальную составляющие ускорения и радиус кривизны винтовой линии.

* 1. Точка M движется по линии пересечения сферы и цилиндра . Уравнения движения точки в сферических координатах имеют вид

, , .

Найти проекции и модуль ускорения точки в сферических координатах.

* 1. Точка движется в тороидальной системе координат , и . Связь между декартовыми координатами и тороидальными координатами задаётся формулами

, , .

Найти проекции скорости и ускорения точки на оси этой системы координат.

Тема 3. Основные движения твёрдого тела. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси (2 часа)

3.1. Стрелка гальванометра длиной *l* движется по закону , где – угол максимального отклонения стрелки от положения , а *T* – период колебаний. Найти модуль и направление ускорения конца стрелки гальванометра в момент времени .

3.2. Стрелка гальванометра длины 3 см колеблется вокруг неподвижной оси по закону . Определить ускорение конца стрелки в её среднем и крайних положениях, а также моменты времени, при которых угловая скорость и угловое ускорение обращаются в нуль, если период колебаний равен 0,4 с, а угловая амплитуда .

3.3. Вращение тела в течение первых 20 с происходит согласно уравнению . Определить угловую скорость тела в конце 20-й секунды; угловое ускорение в начале движения, в конце 10-й и 20-й секунд. Сколько всего оборотов делает тело за 20 с?

3.4. Колесо начинает вращаться из состояния покоя равноускоренно; через 10 мин после начала движения оно имеет угловую скорость, равную рад/с. Сколько оборотов сделало колесо за эти 10 мин?

3.5. Точка тела движется по окружности радиусом 10 см с постоянным тангенциальным ускорением. Найти нормальное ускорение точки через 20 с после начала движения, если известно, что к концу пятого оборота после начала движения линейная скорость точки равна 10 см/с.

Тема 4. Движение твёрдого тела с одной неподвижной точкой (2 часа)

4.1. Тело движется вокруг неподвижной точки. В некоторый момент угловая скорость его изображается вектором, проекции которого на координатные оси равны , , . Найти в этот момент скорость точки тела, определяемой координатами , , .

4.2. Найти уравнения мгновенной оси и величину угловой скорости тела, если известно, что проекции скорости точки на координатные оси, связанные с телом, равны м/с, м/с, , а направление скорости точки определяется косинусами углов, образованных с осями координат: .

4.3. Конус, вершина О которого неподвижна, катится по плоскости без скольжения. Высота конуса СО = 18 см, а угол при вершине АОВ = 900. Точка С, центр основания конуса, движется равномерно и возвращается в первоначальное положение через 1 с. Определить скорость конца В диаметра АВ, угловое ускорение конуса и ускорение точек А и В (рис.).

**B**

**A**

**C**

**O**

4.4. Найти скорость и ускорение точки В конического катка, равномерно катящегося без скольжения по горизонтальной конической кольцевой опоре. Диаметр катка ВС = 30 см, ОА = 20 см, скорость центра катка см/с направлена перпендикулярно плоскости чертежа на читателя (рис.).

**K**

**α**

**α**

**O**

**A**

**C**

**B**

4.5. Коническая шестерня I обкатывает неподвижную коническую шестерню II. Определить угловую скорость шестерни I и неподвижный и подвижный аксоиды, если <AOD = β, <COD = α, OC = h, а скорость центра С шестерни I равна (рис.).

**C**

**D**

**O**

**A**

**II**

**I**

Тема 5. Сложное движение точки (2 часа)

5.1. Прямоугольный треугольник ABC вращается вокруг оси *z* с постоянной угловой скоростью =2 рад/с. По гипотенузе AB движется точка M по закону (s выражено в сантиметрах, t – в секундах). Определить абсолютную скорость точки M в момент, когда она находится в середине гипотенузы AB, если AB=40 см и (рис.).

***α***

s

z

M

C

B

A

5.2. Полуцилиндр радиусом r = 10 см движется поступательно и прямолинейно по неподвижной горизонтальной плоскости со скоростью =30 см/с и толкает опирающийся на него стержень CD, который перемещается в вертикальных направляющих. Найти скорость точки С стержня относительно полуцилиндра и расстояние CE от этой точки до диаметра AB в момент, когда скорость стержня CD будет =40 см/с (рис.).

**D**

**C**

**B**

**A**

**O**

**E**

5.3. Диск вращается с постоянной угловой скоростью =2 рад/с вокруг оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. По прямолинейному пазу CD движется ползун N по закону см, расстояние от центра диска до паза h=5 см, CD = 24 см. Определить скорость и ускорение ползуна N в момент, когда он достигнет середины паза E (рис.).

**D**

**C**

**O**

**N**

5.4. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC вращается вокруг катета BA с постоянным угловым ускорением =0,5 рад/с2. Начальная угловая скорость треугольника равна нулю. По гипотенузе треугольника от вершины B к основанию движется точка M по закону см. Определить абсолютное ускорение точки M в момент t = 2 c (рис.).

M

B

A

C

5.5. Кривошип O1A = 0,5 м шарнирного параллелограмма O1ABO2 вращается вокруг неподвижной оси O1 с угловой скоростью рад/с. Вдоль стороны AB этого параллелограмма перемещается ползун M, по закону (s выражено в метрах, t – в секундах). Определить абсолютное ускорение ползуна M в момент времени t = 2 c, если угол (< AO1O2) в этот момент равен 300 .

5.6. Полудиск радиусом R = 40 см вращается с постоянной угловой скоростью =0,5 рад/с вокруг диаметра AB. По окружности полудиска движется точка M по закону (s выражено в сантиметрах, t – в секундах). Определить абсолютное ускорение точки M в момент времени t = 1 c.

5.7. Трассы двух воздушных лайнеров пересекаются над посёлком A. Первый лайнер летит точно на север, второй лайнер – на юго-восток. Скорости обоих лайнеров численно равны. Определить, чему равна и как направлена в этот момент скорость второго лайнера относительно первого.

Тема 6. Динамика материальной точки

* + 1. Материальная точка массы *m* движется в плоскости *xy*. Закон движения задан в виде

, ,

где – любые постоянные параметры. Найти силу, под действием которой происходит это движение.

* + 1. Материальная точка массы *m* движется по окружности радиуса *r* с постоянной скоростью . Найти силу, под действием которой происходит такое движение.
    2. Материальная точка массы *m* движется по гладкой плоскости. Её полярные координаты *r* и изменяются по закону

, ,

где – положительные постоянные. Определить силу, под действием которой происходит это движение.

* + 1. Исследовать движение материальной точки M массы *m* под действием силы тяжести. Сопротивлением атмосферы пренебречь.

***M***

***O***

***z***

***y***

***x***

* + 1. На материальную точку массы *m* действует сила отталкивания , пропорциональная координате x и равная , где c – коэффициент пропорциональности. Найти движение точки, если в начальный момент : 1) и ;

2) и .

* + 1. Считая, что при прямолинейном движении корабля возникает сила сопротивления, пропорциональная квадрату его скорости, определить путь, который пройдет корабль после остановки двигателей за время, в течение которого скорость корабля уменьшится в два раза.
    2. Точка массы *m* падает на Землю из состояния покоя под действием постоянной силы тяжести. Найти скорость и закон движения точки, если сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости (, где k – постоянная).
    3. Материальная точка начинает движение в вязкой жидкости с горизонтальной скоростью, равной по модулю . Движение начинается из точки с координатами . На точку действуют сила тяжести и сила сопротивления жидкости, пропорциональная скорости (, где – коэффициент пропорциональности). Найти закон движения точки.
    4. Упругая нить, закрепленная в точке А, проходит через неподвижное гладкое кольцо O; к свободному концу ее прикреплен шарик M, масса которого равна *m*. Длина невытянутой нити *l* = AO; для удлинения нити на 1 м нужно приложить силу, равную . Вытянув нить по прямой AB так, что длина ее увеличилась вдвое, сообщили шарику скорость , перпендикулярную прямой AB. Определить траекторию шарика, пренебрегая действием силы тяжести и считая натяжение нити пропорциональным ее удлинению.

***y***

***B***

***M***

***O***

***A***

***x***

* + 1. Точка M массы *m* движется под действием силы тяжести по гладкой внутренней поверхности полого цилиндра радиуса *r*. В начальный момент угол , а скорость точки равнялась нулю. Определить скорость точки M и реакцию поверхности цилиндра при угле .

Тема 7. Общие теоремы динамики материальной точки

* + 1. Определить промежуток времени *T*, необходимый для того, чтобы материальная точка массы *m*, движущаяся по горизонтальной прямой под действием постоянной силы *F*, увеличила свою начальную скорость в *n* раз.
    2. Шарик, привязанный к нерастяжимой нити, скользит по гладкой горизонтальной плоскости; другой конец нити втягивают с постоянной скоростью *u* в отверстие, сделанное на плоскости. Определить движение шарика, если известно, что в начальный момент нить расположена по прямой, расстояние между шариком и отверстием равно *R*, а проекция начальной скорости шарика на перпендикуляр к направлению нити равна .

***u***

***x***

***r***

***O***

* + 1. Проекции силы определены равенствами

, , ,

где – некоторое положительное число, а и – координаты точки приложения силы . Определить работу силы при движении точки приложения ее от начала координат O до точки M с координатами , в трех случаях: 1) точка приложения силы перемещается от O к M по кратчайшему пути; 2) точка приложения силы перемещается сначала по оси ***x***, а затем по прямой, параллельной оси ***y***; 3) точка приложения силы перемещается сначала по оси ***y***, а затем по прямой, параллельной оси ***x***.

* + 1. Вычислить работу силы сопротивления, действующей на корабль, за время, в течение которого скорость корабля после остановки двигателей уменьшится вдвое (см. задачу 1.6.6).
    2. Проверить, является ли силовое поле , , потенциальным.
    3. Проверить, потенциально ли силовое поле , , ,

и если оно потенциально, то найти потенциальную энергию поля.

* + 1. Какова длина разбега самолета, масса которого m = 18 000 кг, тяга, развиваемая двигателем, Ф = 40 кН, общая сила сопротивления R = 10 кН, взлетная скорость v = 216 км/ч.
    2. На какую высоту ***H*** над поверхностью Земли поднимается ракета, запущенная в вертикальном направлении с поверхности Земли, если ее начальная скорость равна ? Какую начальную скорость надо сообщить ракете, чтобы она неограниченно удалялась от Земли? Сопротивлением атмосферы пренебречь. Радиус Земли ***R*** = 6370 км.
    3. С какой скоростью должна быть запущена с поверхности Земли ракета, чтобы она могла достигнуть той точки C между Землей и Луной, где силы притяжения Земли и Луны равны. Расстояние между центрами Луны и Земли ***d*** = 370 000 км, а отношение их масс MЛ и MЗ равно 1/80. Радиус Земли ***R*** = 6370 км.
    4. Сани спускаются с горы. Начиная с точки ***A***, их притормаживают силой таким образом, что до конца спуска (точки ***B***) скорость саней остается постоянной. Определить работу, совершаемую силой , если сила тяжести саней , а высота горы ***h***.

***A***

***B***

***O***

***y***

***x***

* + 1. Материальная точка совершает прямолинейные затухающие колебания под действием линейной восстанавливающей силы, создаваемой пружиной жесткости ***c*** и силы сопротивления, пропорциональной первой степени скорости (). Определить работу силы сопротивления за одно полное колебание материальной точки, а также максимальную работу этой силы при неограниченной продолжительности колебаний.
    2. Точка массы ***m***, подверженная действию центральной силы ***F***, описывает лемнискату , где – величина постоянная, – расстояние точки от силового центра; в начальный момент , скорость точки равна и составляет угол с прямой, соединяющей точку с силовым центром. Определить величину силы **F**, зная, что она зависит только от расстояния .

Примечание. Использовать формулу Бине:

,

где – удвоенная секторная скорость точки.

* + 1. Определить движение точки, масса которой 1 кг, под действием центральной силы притяжения, обратно пропорциональной кубу расстояния точки от центра притяжения, при следующих данных: на расстоянии 1 м сила равна 1 Н. В начальный момент расстояние точки от центра притяжения равно 2 м, скорость =0,5 м/с и составляет угол 450 с направлением прямой, проведенной из центра к точке.
    2. Горизонтальная пружина, на конце которой прикреплена материальная точка, сжата силой ***P*** и находится в покое. Внезапно сила ***P*** меняет направление на прямо противоположное. Определить, пренебрегая массой пружины, во сколько раз получающееся при этом наибольшее растяжение больше первоначального сжатия .

Тема 8. Несвободное движение

3.9.1. Исследовать движение тяжелой материальной точки массы *m* по внутренней поверхности цилиндра радиуса *r*. Ось цилиндра горизонтальна. В начальный момент положение точки определяется координатами , , . Начальная скорость направлена параллельно оси цилиндра и равна .

3.9.2. По проволоке, имеющей форму параболы, движется колечко. Уравнения связи (параболы) имеют вид: , . Найти реакцию связи при нулевых начальных условиях.

3.9.3. Лыжник спускается с горы, причем его траекторию можно принять за окружность радиуса *r*. Коэффициент трения скольжения равен *f*. Определить скорость лыжника в точке *В*, если в начальной точке *A* его скорость равнялась нулю.

***R***

***mg***

***x***

***O***

***z***

***y***

***O***

***r***

***B***

***A***

3.9.4. Тяжелое кольцо ***M*** массы ***m*** может скользить без трения по дуге окружности радиуса ***r***, расположенной в вертикальной плоскости. К кольцу привязана упругая нить ***MOA***, проходящая через гладкое неподвижное кольцо ***O*** и закрепленная в точке ***A***. Натяжение нити равно нулю, когда кольцо ***M*** находится в точке ***O***, а коэффициент жесткости нити равен ***c***. В начальный момент кольцо находится в точке ***B*** и имеет скорость, равную нулю. Определить давление ***N***, производимое кольцом на окружность.

***B***

***M***

***O***

***r***

***A***

3.9.5. Самолет, двигаясь в вертикальной плоскости, выходит из пикирующего полета по окружности радиуса ***r*** на горизонтальный полет. Скорость самолета в момент выхода на горизонтальный полет максимальна и равна . Определить, каким должен быть радиус ***r***, чтобы реакция связи, действующая на летчика, была в ***n*** раз больше нормального веса летчика.

3.9.6. Шарнирно-стержневая система вращается вокруг вертикальной оси ***AB*** с угловой скоростью . Стержни ***MA*** и ***MB*** считать невесомыми и имеющими длину ***l*** каждый. Определить усилия в стержнях, если в точке ***M*** находится сосредоточенная масса ***m*** и угол .

M

B

A

Тема 9. Динамика материальной системы

* + 1. На корме находящейся в покое баржи установлен автомобиль. В некоторый момент времени автомобиль начал перемещаться по палубе, направляясь к носу баржи. Пренебрегая сопротивлением воды движению баржи, определить ее скорость v в зависимости от скорости автомобиля u относительно баржи. Масса баржи *m1*, масса автомобиля *m2*.
    2. В условиях задачи 4.11.1 определить скорость движения баржи, считая, что при ее движении возникает сила сопротивления, пропорциональная первой степени скорости, а автомобиль перемещается относительно баржи по закону, график которого изображен на рисунке:

***T***

***t2***

***t1***

u

t

O

* + 1. Груз массы ***m1*** = 3000 кг скользит вниз по наклонной эстакаде, свободно лежащей на земле. Масса эстакады ***m2*** = 2000 кг, коэффициент трения скольжения между грузом и эстакадой ***f*** = 0,2, угол наклона α = 300. При каких условиях эстакада остается неподвижной?

***α***

***x***

***y***

4.11.4. Тележка ***D*** поворотного подъемного крана движется с постоянной по модулю скоростью ***u*** относительно стрелы ***BC*** крана. Мотор, вращающий кран, создает относительно оси вращения ***AB*** крана постоянный момент ***Mвр***. Определить угловую скорость ***ω*** вращения крана в зависимости от расстояния ***s*** тележки ***D*** до оси ***AB***, если масса тележки вместе с грузом равна ***m***, а момент инерции крана (без тележки и груза) относительно оси вращения ***AB*** равен ***I***. Вращение крана начинается в момент времени, когда тележка находилась на расстоянии ***s0*** от оси ***AB***.

***ωA***

***DDA***

***s***

***CA***

***BA***

***A***

***xx***

***z***

***y***

* + 1. К ротору электромотора приложен вращающий момент ***Mвр***, изменяющийся по закону , где и – некоторые положительные постоянные, характеризующие двигатель (постоянная называется крутизной характеристики мотора), а – угловая скорость ротора. Определить закон изменения угловой скорости в период разгона ротора, если его момент инерции относительно оси вращения равен ***I***.
    2. Каток ***К*** массы ***m1***лежит на горизонтальной плоскости. Каток обмотан тросом, перекинутым через блок ***Б*** радиуса ***r***. К свободному концу троса прикреплен груз ***Г*** массы ***m3***. При опускании груза со скоростью **υ** трос, разматываясь, приводит в качение без скольжения каток ***К***. Определить кинетическую энергию системы, если момент инерции блока ***Б*** относительно оси вращения равен ***I2***; каток считать однородным круглым цилиндром, массой троса пренебречь.

υ

υ

Г

Б

К

С

* + 1. В системе, рассмотренной в задаче 4.11.6., груз ***Г*** под действием силы тяжести опускается из состояния покоя вниз. Определить скорость **υ** груза ***Г*** при опускании его на высоту ***h***. Трением качения катка и трением на оси блока пренебречь.
    2. Груз ***Г*** массы ***m*** поднимается с помощью электрической лебедки. Барабан ***Б*** приводится во вращение электромотором, который создает вращающий момент ***Mвр***, изменяющийся по закону , где и – положительные постоянные, характеризующие двигатель, а – угловая скорость барабана. Моменты инерции блока ***В*** и барабана ***Б*** относительно их осей вращения соответственно равны ***I2*** и ***I1***; радиус блока равен ***r***, радиус барабана ***R***. Определить закон движения груза и натяжение троса. В начальный момент система находилась в покое; массой троса пренебречь.

***Г***

***В***

***Б***

* + 1. Однородный тонкий стержень ***AB*** длиной ***l*** движется в вертикальной плоскости, скользя своим концом ***A*** по гладкой горизонтальной прямой. Определить угловую скорость движения стержня, если в начальный момент она равнялась и стержень составлял с горизонтом угол .

***α***

***B***

***A***

***x***

***y***

* + 1. На однородную призму ***A***, лежащую на горизонтальной плоскости, положена однородная призма ***B***; поперечные сечения призм – прямоугольные треугольники, масса призмы ***A*** втрое больше массы призмы ***B***. Предполагая, что призмы и горизонтальная плоскость идеально гладкие, определить длину ***l***, на которую передвинется призма ***A***, когда призма ***B***, спускаясь по ***A***, дойдет до горизонтальной плоскости.

A

***B***

***a***

***b***

* + 1. Два груза ***M1*** и ***M2***, соответственно массы M1 и M2, соединенные нерастяжимой нитью, переброшенной через блок ***A***, скользят по гладким боковым сторонам прямоугольного клина, опирающегося основанием ***BC*** на гладкую горизонтальную плоскость. Найти перемещение клина по горизонтальной плоскости при опускании груза ***M1*** на высоту ***h*** = 10 см. Масса клина M = 4M1 = 16M2; массой нити и блока пренебречь.

M2

M1

C

A

B

300

900

* + 1. Масса ствола орудия равна 11 т. Масса снаряда равна 54 кг. Скорость снаряда у дульного среза υ0 = 900 м/с. Определить скорость свободного отката ствола орудия в момент вылета снаряда.
    2. По наклонной плоскости ***KL*** усеченной четырехугольной призмы ***DEKL*** опускается груз ***A*** массы ***MA*** = 10 кг, приводя в движение посредством невесомой нерастяжимой нити груз ***B*** массы ***MA*** = 6 кг. Найти перемещение призмы ***DEKL*** массы ***Mпр***= 20 кг по идеально гладкой горизонтальной плоскости, если груз ***A*** переместился по наклонной плоскости ***KL*** вниз на 1 м. В начальный момент система находилась в покое.

600

A

x

L

K

B

E

D

* + 1. Прямоугольная пластинка ***ABCD*** со сторонами ***a*** и ***b*** и весом ***P*** вращается вокруг вертикальной оси ***z*** с начальной угловой скоростью ***ω0***. Каждый элемент пластинки испытывает при этом сопротивление воздуха, направление которого перпендикулярно к плоскости пластинки, а величина прямо пропорциональна площади элемента и квадрату его скорости **υ**; коэффициент пропорциональности равен ***μ***. Сколько оборотов сделает пластинка до того момента, когда ее угловая скорость станет вдвое меньше начальной?

z

a

b

D

C

B

A

* + 1. Прямоугольная пластинка со сторонами ***a*** и ***b*** может вращаться без трения вокруг вертикальной оси ***AB***, проходящей через ее середину и параллельной стороне b. На конце оси надет шкив ***C*** радиусом ***r***, на который намотана гибкая нерастяжимая нить; другой конец нити перекинут через блок ***D*** и к нему привязан груз весом ***P***, приводящий во вращение пластинку. Пренебрегая массой шкива и блока, найти ускорение груза, если вес пластинки равен ***Q***, начальная скорость груза равна нулю и никаких сопротивлений движению нет.

***υ***

***b***

***a***

C

B

***DA***

***z***

A

Тема 10. Аналитическая механика

* + 1. Кривошипно-ползунный механизм состоит из кривошипа *OA*, шатуна *AB* и поршня, на который действует сила *P*. Известны длина кривошипа *l*, длина шатуна *L*, угол *α* между осью цилиндра и кривошипом *OA*. Пренебрегая трением и силами тяжести поршня, шатуна и кривошипа, определить момент пары сил *M*, приложенной к кривошипу *OA*, при котором механизм находится в равновесии.

M

β

α

l

L

B

O

A

P

* + 1. В эпициклическом механизме кривошип ***OC*** вращается вокруг оси, проходящей через центр ***O*** неподвижной шестерни ***I*** радиуса ***R***, и приводит в движение сателлит ***II*** радиуса ***r***. К кривошипу приложен вращающий момент ***Mвр***. Силы трения создают на оси ***C*** сателлита момент ***Mтр***. Ввести обобщенную координату и определить соответствующую обобщенную силу, считая, что механизм расположен в горизонтальной плоскости.

***Mтр***

II

I

***Mвр***

* + 1. Двойной математический маятник состоит из двух невесомых стержней длины ***l1*** и ***l2***, на концах которых укреплены материальные точки ***M1*** и ***M2*** массы ***m1*** и ***m2*** соответственно. Первый стержень может вращаться вокруг неподвижной горизонтальной оси ***O***, а второй – вокруг горизонтальной оси, связанной с первой точкой. Ввести обобщенные координаты и вычислить обобщенные силы.

***l1***

***φ2***

***φ1***

***M2***

***M1***

***l2***

***O***

***y***

***x***

* + 1. Два груза ***A*** и ***B***, находящиеся на гладких наклонных плоскостях, удерживают в равновесии груз ***C*** силы тяжести ***P*** при помощи троса, перекинутого через два соосных блока ***I*** и ***II*** и свободный блок ***III***. Найти силы тяжести грузов ***P1*** и ***P2***, если наклонные плоскости составляют с горизонтом углы ***α*** и ***β***. Трением и массой блоков и троса пренебречь.

III

I, II

β

α

C

B

A

* + 1. Два тела ***M1*** и ***M2*** с массами ***m1*** и ***m2*** связаны между собой абсолютно гибкой и нерастяжимой нитью, перекинутой через блок ***K***. Пренебрегая массой нити и блока, а также трением, определить закон движения грузов.

***K***

***M2***

***M1***

* + 1. Тонкий однородный стержень длиной ***l*** имеет на концах ползуны ***A*** и ***B***, которые скользят под действием силы тяжести стержня по направляющим ***OD*** и ***OE***. Направляющие образуют прямой угол ***DOE***, расположенный в вертикальной плоскости. Пренебрегая массой ползунов и силами трения, составить дифференциальное уравнение движения стержня и найти его угловую скорость, если направляющая ***OE*** горизонтальна

***φ***

***A***

***y***

***B***

***C***

***O***

***x***

***E***

***D***

* + 1. Определить закон изменения угловой скорости ***ω*** кривошипа ***OC*** эпициклического механизма, если масса кривошипа равна ***m1***, а масса сателлита ***m2***. Кривошип считать однородным тонким стержнем, сателлит – однородным диском; вращающий момент , где и – положительные постоянные и – угловая скорость кривошипа; момент трения ***Mтр*** на оси сателлита считать постоянным; весь механизм расположен в горизонтальной плоскости.

***Mтр***

II

I

***Mвр***

* + 1. Рассмотрите эллиптический маятник, который состоит из тела ***I***, перемещающегося без трения по горизонтальной прямой, и маятника ***II***, подвешенного к телу ***I***. Масса тела ***I*** равна ***M1***, масса маятника ***M2***, момент инерции маятника относительно оси подвеса ***I***, расстояние от центра тяжести ***O2*** маятника до оси подвеса ***h***. Составить дифференциальные уравнения движения эллиптического маятника и, считая угол отклонения маятника от вертикали малым, определить закон движения, если начальные скорости равны нулю.

***C***

***O1***

***I***

***II***

***O2***

* + 1. Составить дифференциальные уравнения движения двойного математического маятника.

***l1***

***φ2***

***φ1***

***M2***

***M1***

***l2***

***O***

***y***

***x***

* + 1. Составить уравнение движения маятника, состоящего из материальной точки ***M*** массы ***m***, подвешенной на нити, навернутой на неподвижный цилиндр радиуса ***a***. Длина свисающей в положении равновесия части нити равна ***l***. Массой нити пренебречь.

M

a

* + 1. Составить уравнение движения маятника, состоящего из материальной точки массы ***m***, подвешенной на нити, длина которой изменяется по произвольно заданному закону ***l = l(t)***.
    2. Точка подвеса маятника, состоящего из материальной точки массы ***m*** на нерастяжимой нити длины ***l***, движется по заданному закону по наклонной прямой, образующей угол ***α*** с горизонтом. Составить уравнение движения маятника.
    3. Материальная точка массы ***m*** подвешена с помощью стержня длины ***l*** к плоскому шарниру, горизонтальная ось которого вращается вокруг вертикали с постоянной угловой скоростью ***ω***. Составить функцию Гамильтона и канонические уравнения движения. Массу стержня не учитывать.

ω

O

φ

l

M

* + 1. Три стержня одинакового веса ***Q*** соединены между собой шарнирами. Первый стержень может вращаться вокруг неподвижного шарнира ***O***, а к свободному концу третьего стержня приложена горизонтальная сила ***F***, которая удерживает всю систему в вертикальной плоскости в равновесии. При этом стержни образуют с вертикалью углы, соответственно равные ***φ1***, ***φ2***, ***φ3***. Определить эти углы, если ***F = Q***.

***φ3***

***F***

***C***

***φ2***

***φ1***

***B***

***A***

***O***

***y***

***x***

5.12.15.Через блок ***A*** массы ***M*** переброшена нить, к концам которой привязаны груз ***B*** и каток ***C*** массы ***M4***, лежащий на наклонной плоскости. Через каток ***C*** в свою очередь переброшена нить, к концам которой привязаны груз ***D*** массы ***M2*** и груз ***E*** массы ***M1***, лежащий на параллельной идеально гладкой плоскости. Определить массу ***M3*** груза ***B*** и угол ***α***, образуемый наклонными плоскостями с горизонтом, если система находится в равновесии. Массой нити пренебречь.

α

D

B

C

α

E

A

**4. Самостоятельная работа обучающихся**

Цели самостоятельной работы – освоить те разделы дисциплины, которые не были затронуты в процессе аудиторных занятий, но предусмотрены рабочей программой, а также расширить границы получаемых знаний, умений и навыков (владений) в процессе дополнительного изучения отдельных тем, решении практических задач, исследования отдельных вопросов дисциплины с помощью учебно-методической литературы; подготовиться к занятиям лекционного и семинарского типа.

*Виды самостоятельной работы:*

- выполнение домашних заданий;

- подготовка рефератов;

- изучение отдельных тем, вопросов, их конспектирование;

- подготовка докладов по отдельным вопросам тем;

- подготовка презентаций по отдельным вопросам тем;

- выполнение домашних контрольных заданий;

- подготовка к занятиям лекционного и семинарского типа;

- подготовка к текущим контрольным мероприятиям;

- другие виды самостоятельной работы студентов.

4.1. Типы семестровых заданий:

1. Подготовка опорного конспекта по теме лекции.
2. Подготовка отдельных докладов по темам занятий.
3. Подготовка мультимедийной презентации.
4. Выполнение тестовых заданий.

**5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля).**

### Таблица 5.1. Основная литература

|  |  |
| --- | --- |
| №  п/п | Наименование, библиографическое описание |
| 1 | Гантмахер, Ф.Р. Лекции по аналитической механике : учебное пособие / Ф.Р. Гантмахер. – 3-е изд. – Москва : Физматлит, 2001. – 263 с. ЭБС – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68408> |
| 2 | Урсулов, А.В. Теоретическая механика. Решение задач : учебное пособие / А.В. Урсулов, И.Г. Бострем, А.А. Казаков. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2012. – 80 с. ЭБС – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239718> |
| 3 | Ландау, Л.Д. Краткий курс теоретической физики / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – Москва : Наука, 1969. – Кн. 1. Механика. Электродинамика. – 271 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=492422> |
| 4 | Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике: Учебное пособие. 48-е изд., стер./Под ред. В.А. Пальмова, Д.Р. Меркина. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 448 с. (Мещерский, И.В. Сборник задач по теоретической механике : сборник задач и упражнений / И.В. Мещерский. – Изд. 19-е, стереот. – Москва : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1953. – 385 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=563187> ) |
| 5 | Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т.I. Механика. – 5-е изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 224 с. |

### Таблица 5.2. Дополнительная литература

|  |  |
| --- | --- |
| №  п/п | Наименование, библиографическое описание |
| 1 | Голубева О.В. Теоретическая механика. Учеб. пособие для ин-тов. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: «Высшая школа», 1976. – 352 с. |
| 2 | Козлова З.П., Паншина А.В., Розенблат Г.М. Теоретическая механика в решениях задач из сборника И.В. Мещерского: Динамика материальной системы: Учебное пособие /Под ред. Г.М. Розенблата. М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 432 с. |
| 3 | Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике: Учеб. пособ. для средних спец. учеб. заведений/А.И. Аркуша. – 5-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002. – 336 с. |
| 4 | Бертяев В.Д. Теоретическая механика на базe Mathcad, Практикум. – СПБ: БХВ-Петербург, 2005 - 752 с. |

### Таблица 5.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

|  |  |
| --- | --- |
| №  п/п | Название (адрес) ресурса |
| 1 | Электронная библиотечная система «Университетская библиотека onlain - режим доступа: Agulib adygnet. ru» |
| 2 | Научная электронная библиотека «Киберленинка»: https://cyberleninka.ru/ |
| 3 | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: https://www.elibrary.ru/ |
| 4 | <https://openedu.ru/course/mipt/THMECH/> сайт открытое образование содержит курс теоретической механики |
| 5 | Избранные материалы Международного научного семинара «Нелинейные модели в механике, статистике, теории поля и космологии» Казань, 5-7 ноября 2016 г. (GRACOS2016). Т. 2. / Игнатьев Ю.Г., Агафонов А.А. Математические модели теоретической физики с примерами решения задач в СКМ Maple. – Казань: Казанский университет, 2016, - 266 с. <http://www.stfi.ru/rpha/2016_7_Ignatiev.pdf> |

Таблица 5.4. Периодические издания

|  |  |
| --- | --- |
| №  п/п | Наименование |
|  | Журнал «Прикладная механика и техническая физика». URL: <https://www.sibran.ru/journals/PMiTPh> |
|  | Журнал «Вестник Московского университета. Серия 1. Математика. Механика». URL: <http://vestnik.math.msu.su/start-pr-fr.html> |

**6. Образовательные технологии**

1. Лекции с использованием мультимедийной презентации.
2. Консультирование посредством электронной почты и технологий видеосвязи.
3. Лекции с использованием видеоматериалов.
4. Развернутая беседа с обсуждением доклада

**Вопросы для подготовки к экзамену (8 семестр)**

1. Основные определения кинематики точки.
2. Способы задания движения. Закон движения.
3. Скорость точки.
4. Ускорение точки.
5. Криволинейные координаты.
6. Задание движения твёрдого тела.
7. Простейшие движения твёрдого тела. Поступательное движение. Вращение вокруг неподвижной оси.
8. Угловая скорость. Угловое ускорение.
9. Задание движения твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Углы Эйлера.
10. Распределение скоростей точек твёрдого тела, имеющего одну неподвижную точку. Мгновенная ось вращения. Мгновенная угловая скорость.
11. Ускорения точек тела, имеющего одну неподвижную точку.
12. Движение свободного твёрдого тела.
13. Основные определения сложного движения точки. Абсолютная и относительная производные вектора.
14. Теорема о сложении скоростей.
15. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса).
16. Постановка задачи сложного движения твёрдого тела.
17. Сложение поступательных движений.
18. Сложение вращений вокруг пересекающихся осей. Кинематические уравнения Эйлера.
19. Предмет и задачи динамики.
20. Инерциальные системы отсчёта. Основное уравнение динамики точки. Законы Ньютона.
21. Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
22. Первая задача динамики. Вторая задача динамики.
23. Прямолинейное движение материальной точки.
24. Теорема об изменении количества движения материальной точки.
25. Теорема об изменении момента количества движения материальной точки.
26. Работа силы. Мощность.
27. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки.
28. Силовое поле. Потенциальная энергия.
29. Вычисление потенциальных энергий для некоторых силовых полей.
30. Интеграл энергии. Понятие о рассеивании полной механической энергии.
31. Определение несвободного движения. Связи. Принцип освобождаемости. Активные силы и реакции связей.
32. Уравнения связей. Классификация связей.
33. Движение точки по гладкой неподвижной поверхности.
34. Движение точки по гладкой неподвижной кривой.
35. Естественные уравнения движения. Математический маятник.
36. Теорема об изменении кинетической энергии для несвободного движения.
37. Метод кинетостатики для точки (принцип Даламбера).
38. Центр масс. Внешние и внутренние силы.
39. Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек.
40. Количество движения материальной системы. Теорема об изменении количества движения материальной системы.
41. Теорема о движении центра масс.
42. Теорема Эйлера.
43. Момент количеств движения материальной системы. Момент инерции. Теорема об изменении момента количеств движения материальной системы.
44. Дифференциальное уравнение вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси.
45. Момент количеств движения системы, участвующей в сложном движении.
46. Теорема об изменении момента количеств относительного движения материальной системы.
47. Кинетическая энергия материальной системы. Кинетическая энергия твердого тела.
48. Работа сил, приложенных к материальной системе.
49. Теорема об изменении кинетической энергии материальной системы.
50. Закон сохранения полной механической энергии материальной системы.
51. Теорема об изменении кинетической энергии относительного движения.
52. Общее уравнение аналитической динамики.
53. Уравнения Лагранжа второго рода.
54. Выражение кинетической энергии через обобщённые скорости и координаты.
55. Обобщённый интеграл энергии.
56. Виртуальные перемещения голономных систем.
57. Принцип виртуальных перемещений.
58. Обобщенные координаты и обобщенные силы.
59. Условия равновесия в обобщенных координатах.
60. Циклические координаты. Уравнения Рауса для систем с циклическими координатами.
61. Уравнения Гамильтона.
62. Принцип Гамильтона.
63. Принцип Даламбера-Лагранжа для систем с идеальными связями.

**Модульно-рейтинговая система**

В университете действует следующая шкала пересчета суммарного рейтинга по дисциплине в итоговую оценку по 4-х балльной шкале:

от 56 до 70 – «удовлетворительно»;

от 71 до 85 – «хорошо»;

от 86 до 100 – «отлично».

При несогласии студента с итоговой оценкой по дисциплине, определенной по суммарному рейтингу, он может сдавать экзамен во время экзаменационной сессии. Экзамен сдается в обязательном порядке также, если студент не набрал минимального количества баллов равного 50 в суммарном рейтинге по дисциплине.

**7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю).**

**Методические рекомендации преподавателю**

Изучив содержание учебной дисциплины, целесообразно разработать матрицу наиболее предпочтительных методов обучения и форм самостоятельной работы студентов, адекватных видам лекционных и семинарских занятий.

Необходимо предусмотреть развитие форм самостоятельной работы, выводя студентов к завершению изучения учебной дисциплины на её высший уровень. По учебному плану предусмотрено проведение разного типа занятий.

Вузовская лекция – главное звено дидактического цикла обучения. Её цель – формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы. Содержание лекции должно отвечать следующим дидактическим требованиям:

* изложение материала от простого к сложному;
* логичность, четкость и ясность в изложении материала;
* возможность проблемного изложения, дискуссии, диалога с целью активизации деятельности студентов;
* опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные;
* тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и будущей профессиональной деятельностью студентов.

Преподаватель, читающий лекционные курсы в вузе, должен знать существующие в педагогической науке и используемые на практике варианты лекций, их дидактические и воспитывающие возможности, а также их методическое место в структуре процесса обучения.

Лекции читаются с использованием наглядных пособий и электронных презентаций, с применением современных методов обучения, стимулирующих познавательную активность. В начале каждого практического занятия преподаватель организует повторение изученного на лекции материала по контрольным вопросам к данному практическому занятию, вспоминает со студентами понятийный аппарат. При возникновении затруднений у студентов при решении задач преподаватель подробно разбирает каждый шаг решения с обязательным вовлечением студентов группы в процесс обсуждения алгоритма решения задачи.

В условиях преобладающего теоретического обучения обязательным условием для формирования умений и навыков является усвоение теоретического материала, поэтому вопросы контроля должны проверять тот теоретический материал, содержание которого представлено в конспекте лекции и указанной литературе. Перечень рассматриваемых вопросов по теме преподаватель формирует во время чтения лекции.

По уровню сложности предусматриваются самые различные вопросы, предполагающие воспроизведение и закрепление теоретического материала, проверку его осмысления, вопросы на обобщение, анализ и синтез и др. Обязательно предусматриваются контрольные вопросы на проверку усвоения определений ключевых понятий, знание фактов, теорий, концепций, то есть всего того, что определяет основное содержание темы.

Вопросы и задания для контроля должны позволить студентам самостоятельно определить уровень усвоения учебного материала по теме, представленного в лекции, на практическом занятии.

Семинар проводится по узловым и наиболее сложным вопросам (темам, разделам) учебной программы. Он может быть построен как на материале одной лекции, так и на содержании обзорной лекции, а также по определённой теме без чтения предварительной лекции. Главная и определяющая особенность любого семинара – наличие элементов дискуссии, проблемности, диалога между преподавателем и студентами и самими студентами.

При подготовке классического семинара желательно придерживаться следующего алгоритма:

*а) разработка учебно-методического материала:*

* формулировка темы, соответствующей программе;
* определение дидактических, воспитывающих и формирующих целей занятия;
* выбор методов, приемов и средств обучения для проведения семинара;
* подбор литературы для преподавателя и студентов;
* при необходимости проведение консультаций для студентов;

*б) подготовка студентов и преподавателя:*

* составление плана семинара из 3-4 вопросов;
* предоставление студентам 4-5 дней для подготовки к семинару;
* предоставление рекомендаций о последовательности изучения литературы (учебники, учебные пособия, законы и постановления, руководства и положения, конспекты лекций, статьи, справочники, информационные сборники и бюллетени, статистические данные и др.);
* создание набора наглядных пособий.

Подводя итоги семинара, можно использовать следующие критерии (показатели) оценки ответов:

* полнота и конкретность ответа;
* последовательность и логика изложения;
* связь теоретических положений с практикой;
* обоснованность и доказательность излагаемых положений;
* наличие качественных и количественных показателей;
* наличие иллюстраций к ответам в виде исторических фактов, примеров и пр.;
* уровень культуры речи;
* использование наглядных пособий и т.п.

В конце семинара рекомендуется дать оценку всего семинарского занятия, обратив особое внимание на следующие аспекты:

* качество подготовки;
* степень усвоения знаний;
* активность;
* положительные стороны в работе студентов;
* ценные и конструктивные предложения;
* недостатки в работе студентов;
* задачи и пути устранения недостатков.

При проведении аттестации студентов важно всегда помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний студентов. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

**Методические указания студентам по дисциплине**

Профессиональная подготовка в современных вузах строится по принципу «от теории к практике», что создает базу для формирования умений и владений (навыков) на основе усвоения теоретического материала. Именно поэтому следует особое внимание уделять качеству усвоения теоретического материала.

Изучение дисциплины предусматривает лекционные и практические занятия, а также самостоятельную работу. Изучение курса завершается промежуточной аттестацией. Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Цель лекции – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала. Лекция в процессе изучения дисциплины позволяет представить студенту новый учебный материал, разъяснить темы, трудные для понимания, систематизировать учебный материал, сориентировать в структуре и содержании учебного процесса.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации для практического занятия и указания для выполнения самостоятельной работы.

В ходе лекционных занятий обучающемуся необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации.

Материал каждой лекции должен быть проработан: должны быть выделены определения, понятия, законы, теоремы и их доказательства (при наличии). Должна быть усвоена логическая связь элементов изученного материала.

При параллельной работе с учебной литературой необходимо конспектировать прорабатываемый материал. Все непонятные моменты следует обязательно разобрать с преподавателем на занятии или в рамках СР.

Подготовка к лекции заключается в следующем: прочитайте учебный материал по теме лекции в учебниках и учебных пособиях, уясните место изучаемой темы в своей профессиональной подготовке, выпишите основные термины, уясните, какие учебные элементы остались для вас неясными, запишите вопросы, которые вы зададите лектору на лекции.

Практическое занятие – форма организации обучения, которая направлена на формирование практических умений и навыков и является связующим звеном между самостоятельным теоретическим освоением студентами учебной дисциплины и применением ее положений на практике. Практическое занятие позволяет развить у студентов профессиональную культуру и профессиональную коммуникацию. Преподаватель в этом случае является координатором обсуждений предложенных практических заданий, подготовка которых является обязательной. Поэтому тема, практические задания и основные источники обсуждения предлагаются студентам заранее. Цели обсуждения и выполнения заданий направлены на формирование знаний, умений и навыков профессиональной полемики и формирование компетенций. На этапе подготовки доминирует самостоятельная работа студентов по решению проблем и заданий, а в процессе занятия идет активное обсуждение, дискуссии и выступления студентов, где они под руководством преподавателя делают обобщающие выводы и заключения.

Зная тему практического занятия, необходимо готовиться к нему заблаговременно: читать рекомендованную и дополнительную литературу, конспект лекций, методические указания к практическим занятиям, структурировать материал, составлять словарь терминов, отвечать на контрольные вопросы, решать ситуационные задачи и т.п. На практическом занятии вы можете получить консультацию преподавателя по любому учебному вопросу изучаемой темы.

Под самостоятельной работой студентов понимают учебную деятельность студентов, которая организована преподавателями, но осуществляется студентом без непосредственного участия преподавателя в учебной деятельности студента. Все виды самостоятельной работы студентов по дисциплине представлены в фонде оценочных средств. Четкая организация самостоятельной работы студентов делает ее эффективной. Это обеспечивается предоставлением студентам: учебных и учебно-методических пособий; тематических планов лекций, практических занятий, образцов контрольных работ, тестов, кейсов и др.; перечня знаний и умений, которыми они должны овладеть при изучении дисциплины; информации о процедуре сдачи зачета и экзамена и др. Ответы представляются в письменной форме (печатной, непосредственно преподавателю, или электронной).

Самостоятельная работа студента является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от обязательных учебных занятий. Она включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины студентам предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению. Студентам следует: руководствоваться графиком самостоятельной работы, выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы; при подготовке к экзамену параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на консультации с преподавателем.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов.

Подготовка к промежуточной аттестации ведется на основе полученного лекционного материала и рекомендованной литературы, осмысления работы на практических занятиях и самостоятельной работы.

**8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

* для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

* для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

* для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

* для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;

- в форме электронного документа;

- в форме аудиофайла.

* для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;

- в форме электронного документа.

* для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;

- в форме электронного документа;

- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения.

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).**

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, предоставляемых деканатом факультета в соответствии с расписанием. Практические занятия, как правило проходят в лаборатории механики и молекулярной физики инженерно-физического факультета (ауд. 329). Аудитории для проведения занятий оснащены мелованной доской, возможностью подключения ноутбука, проектора и демонстрационного экрана. Для проведения тестирования используется компьютерный класс (ауд. 310, 328) с доступом к Интернету. Для самоподготовки используется научная библиотека АГУ. Помещения для хранения и профилактики оборудования имеются.

# 8. Лист регистрации изменений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  изменения | Номера листов | | | Основание для внесения изменения | Подпись | Расшифровка подписи | Дата | Дата  введения изменения |
| замененных | новых | аннулированных |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |