

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВПО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
функционального анализа  
и операторных уравнений

Каменский М.И.

подпись, расшифровка подписи

11.04.2024 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.20 Теоретическая механика

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 02.03.01 математика и компьютерные науки
- 2. Профиль подготовки:** математическое и компьютерное моделирование
- 3. Квалификация выпускника:** Бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** функционального анализа и операторных уравнений
- 6. Составители программы:** Сапронова Татьяна Юрьевна, к.ф.-м.н., математический факультет, кафедра функционального анализа и операторных уравнений, tsapr@mail.ru
- 7. Рекомендована:** НМС математического факультета, протокол № 0500–03 от 28.03.2024
- 8. Учебный год:** 2026–2027 **Семестр(ы):** пятый, шестой

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- изучение математических моделей механических систем.

*Задачи учебной дисциплины:*

- применение математических методов к описанию движения и исследованию механических систем;
- овладение методами классической и аналитической механики.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина «Теоретическая механика» является обязательной дисциплиной блока Б1.

Основные дисциплины и их разделы, необходимые для усвоения курса «Теоретическая механика»:

- математический анализ (производная и дифференциал функции, неопределенный и определенный интегралы, частные производные);
- аналитическая геометрия (действия с векторами, линии и поверхности второго порядка);
- дифференциальные уравнения (дифференциальные уравнения первого порядка, линейные дифференциальные уравнения и системы);
- линейная алгебра (матрицы, определители).

Дисциплина «Теоретическая механика» является необходимой для усвоения учебных курсов по математическим моделям механических систем, математическим моделям специальной теории относительности, физике.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

| Код   | Название компетенции  | Коды    | Индикаторы  | Планируемые результаты обучения  |
|-------|---|---------|---|--|
| ОПК-1 | Способен консультировать и 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 профессиональной деятельности. | ОПК-1.1 | Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук.                           | Знать: базовые знания, полученные в области математических и (или) естественных наук.                                  |
|       |   | ОПК-1.2 | Умеет использовать базовые знания в области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности. | Уметь: использовать базовые знания в области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности. |
|       |   | ОПК-1.3 | Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.               | Владеть: навыками выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.           |

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 7/252.

Форма промежуточной аттестации — зачет (семестр 5), экзамен (семестр 6)

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы                                    |              | Трудоемкость |              |        |
|---|--------------|--------------|--------------|--------|
|   |              | Всего        | По семестрам |        |
|   |              |              | сем. 5       | сем. 6 |
| Аудиторные занятия                                    |              | 106          | 72           | 34     |
| в том числе:  | лекции       | 70           | 36           | 34     |
|   | практические | 36           | 36           | 0      |
|   | лабораторные | 0            | 0            | 0      |
| Самостоятельная работа                                |              | 110          | 36           | 74     |
| в том числе: курсовая работа (проект)                 |              | 0            | 0            | 0      |
| Форма промежуточной аттестации<br>(экзамен – 36 час.) |              | 36           | 0            | 36     |
| Итого:  |              | 252          | 108          | 144    |

#### 13.1. Содержание дисциплины

| № п/п            | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины   | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *  |
|------------------|---------------------------------|---|---|
| <b>1. Лекции</b> |                                 |   |   |
| 1.1              | Кинематика.                     | Траектория, закон движения, скорость точки, ускорение точки, теорема о сложении скоростей, угловая скорость твердого тела, теорема Эйлера о скоростях точек твердого тела, теорема Кориолиса. Плоскопараллельное движение.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677</a> |
| 1.2              | Динамика точки.                 | Законы Ньютона, уравнения движения материальной точки в декартовых и естественных осях, теоремы динамики точки, первые интегралы уравнений движения. Движение под действием центральной силы, законы Кеплера, движение по поверхности и кривой (точка со связью), реакции связей, теорема об изменении энергии для несвободной точки, относительное движение и относительное равновесие точки со связью, вес тела на Земле. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677</a> |
| 1.3              | Динамика системы точек.         | Связи и их классификация, обобщенные координаты и обобщенные силы, силы внутренние и внешние, теоремы динамики систем, первые интегралы уравнений движения и законы сохранения.   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677</a> |
| 1.4              | Аналитическая механика.         | Уравнения Лагранжа второго рода, циклические и позиционные координаты, уравнения Рауса для систем с циклическими координатами, канонические уравнения Гамильтона, принципы Гамильтона и Якоби.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677</a> |

| 2. Практические занятия |                 |  |   |
|-------------------------|-----------------|--|---|
| 2.1                     | Кинематика.     | Траектория, закон движения, скорость точки, ускорение точки, теорема о сложении скоростей, угловая скорость твердого тела, теорема Эйлера о скоростях точек твердого тела, теорема Кориолиса. Плоскопараллельное движение. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677</a> |
| 2.2                     | Динамика точки. | Законы Ньютона, уравнения движения материальной точки в декартовых и естественных осях, теоремы динамики точки, первые интегралы уравнений движения.   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9677</a> |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п  | Наименование раздела дисциплины | Виды занятий (часов) |              |              |                        |          | Всего |
|--------|---------------------------------|----------------------|--------------|--------------|------------------------|----------|-------|
|        |                                 | Лекции               | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Контроль |       |
| 1.     | Кинематика.                     | 20                   | 20           | 0            | 30                     | 0        | 70    |
| 2.     | Динамика точки.                 | 20                   | 16           | 0            | 30                     | 0        | 66    |
| 3.     | Динамика систем точек.          | 20                   | 0            | 0            | 30                     | 18       | 68    |
| 4.     | Аналитическая механика.         | 10                   | 0            | 0            | 20                     | 18       | 48    |
| Итого: |                                 | 70                   | 36           | 0            | 110                    | 36       | 252   |

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины предполагает не только обязательное посещение обучающимся аудиторных занятий и активную работу на них, но и самостоятельную учебную деятельность, на которую отводится 110 часов.

Самостоятельная учебная деятельность студентов по дисциплине «Теоретическая механика» предполагает выполнение следующих заданий:

- 1) самостоятельное изучение учебных материалов по разделам 1–4 с использованием основной и дополнительной литературы, информационно-справочных и поисковых систем;
- 2) подготовку к текущим аттестациям: выполнение домашних заданий, самостоятельное освоение понятийного аппарата по каждой теме.

Вопросы лекционных и практических занятий обсуждаются на занятиях в виде устного опроса – индивидуального и фронтального. При подготовке к лекционным и практическим занятиям, обучающимся важно помнить, что их задача, отвечая на основные вопросы плана занятия и дополнительные вопросы преподавателя, показать свои знания и кругозор, умение логически построить ответ, владение математическим аппаратом и иные коммуникативные навыки, умение отстаивать свою профессиональную позицию. В ходе устного опроса выявляются детали, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными студентами в ходе учебных занятий. Тем самым опрос выполняет важнейшие обучающую, развивающую и корректирующую функции, позволяет студентам учесть недоработки и избежать их при подготовке к промежуточным аттестациям.

Все выполняемые студентами самостоятельно задания (выполнение контрольной работы и практических заданий) подлежат последующей проверке преподавателем. Результаты текущих аттестаций учитываются преподавателем при проведении промежуточной аттестации (5 семестр – зачет, 6 семестр – экзамен).

Учебные пособия по данному курсу размещены на сайте [https://vk.com/t\\_meh](https://vk.com/t_meh). На этом же сайте преподаватель публикует вспомогательные материалы и указания по изучаемым в данный момент вопросам, программы коллоквиумов и т.д.

Для изучения курса теоретической механики необходимо иметь соответствующую математическую подготовку. Во всех разделах курса широко используется векторная алгебра. Необходимо уметь вычислять проекции векторов на координатные оси, находить геометрически (построением век-

торного треугольника или многоугольника) и аналитически (по проекциям на координатные оси) сумму векторов, вычислять скалярное и векторное произведения двух векторов и знать свойства этих произведений, а в кинематике и динамике – дифференцировать векторы. Надо также уметь свободно пользоваться системой прямоугольных декартовых координат на плоскости и в пространстве, знать, что такое единичные векторы (орты) этих осей и как выражаются составляющие вектора по координатным осям с помощью ортов.

Для изучения кинематики надо совершенно свободно уметь дифференцировать функции одного переменного, строить графики этих функций, быть знакомым с понятиями о естественном трехграннике, кривизне кривой и радиусе кривизны, знать основы теории кривых 2-го порядка, изучаемой в аналитической геометрии.

Для изучения динамики надо уметь находить интегралы (неопределенные и определенные) от простейших функций, вычислять частные производные и полный дифференциал функций нескольких переменных, а также уметь интегрировать дифференциальные уравнения 1-го порядка с разделяющимися переменными и линейные дифференциальные уравнения 2-го порядка (однородные и неоднородные) с постоянными коэффициентами.

При изучении материала курса по учебнику (конспекту) нужно, прежде всего, уяснить существо каждого излагаемого там вопроса. Главное – это понять изложенное в учебнике (конспекте), а не “заучить”.

Изучать материал рекомендуется по темам. Сначала следует прочитать весь материал темы (параграфа), особенно не задерживаясь на том, что показалось не совсем понятным; часто это становится понятным из последующего. Затем надо вернуться к местам, вызвавшим затруднения, и внимательно разобраться в том, что было неясно. Особое внимание при повторном чтении обратите на формулировки соответствующих определений, теорем и т. п.; в точных формулировках, как правило, существенно каждое слово, поэтому важно понять их смысл и уметь изложить их своими словами.

Доказательства надо уметь воспроизводить самостоятельно, поняв идею доказательства; пытаться просто их “заучивать” не следует, никакой пользы это не принесет.

Особое внимание следует уделить приобретению навыков решения задач; теоретические знания надо научиться применять на практике. Для этого, изучив материал данной темы, надо разобраться в решениях соответствующих задач, которые приводятся в учебнике или обсуждаются на занятиях. Затем решите самостоятельно несколько аналогичных задач из сборника задач И. В. Мещерского. Разбирая и решая задачи, обращайтесь внимание на то, какие положения теории применяются.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1.    | <b>Бухгольц Н.Н.</b> Основной курс теоретической механики : Учебник для гос ун-тов / Н.Н. Бухгольц; В переработке и с дополнениями С.М. Тарга. — Ч.2: Динамика системы материальных точек. — М.: Наука, 1972. — 332с. (см. <a href="https://vk.com/t_meh?w=wall267966804_3">https://vk.com/t_meh?w=wall267966804_3</a> )       |
| 2.    | <b>Айзерман М.А.</b> Классическая механика : [учебное пособие] / М. А. Айзерман. — М. : Физматлит, 2005. — 378 с.  |
| -3.   | <b>Мещерский И.В.</b> Задачи по теоретической механике : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по техн. специальностям / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. — СПб. [и др.] : Лань, 2006. — 447 с. (см. <a href="https://vk.com/t_meh?w=wall267966804_64">https://vk.com/t_meh?w=wall267966804_64</a> ) |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 4.    | <b>Арнольд В.И.</b> Математические методы классической механики : учебное пособие для студ. ун-тов / В.И. Арнольд. — М. : Наука, 1974. — 431 с.  |
| 5.    | <b>Маркеев А.П.</b> Теоретическая механика : Учеб. пособие для студ. механико-мат. спец. ун-тов. — М. : Наука, 1990. — 414 с. (см. <a href="https://vk.com/t_meh?w=wall267966804_3">https://vk.com/t_meh?w=wall267966804_3</a> ) |
| 6.    | Сборник задач по теоретической механике : Учебное пособие для студентов вузов / [Н.А. Бражниченко, В.Л. Кан, Б.Л. Минцберг и др.] ; под ред. Н.А. Бражниченко. — М. : Высшая школа, 1986. — 479 с.                               |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

| № п/п | Ресурс |
|-------|--------|
|-------|--------|

|    |   |
|----|---|
| 7. | <a href="https://vk.com/t_meh">https://vk.com/t_meh</a> – страница «В Контакте», посвященная данному курсу  |
| 8. | <a href="https://lib.vsu.ru/">https://lib.vsu.ru/</a> – электронный каталог ЗНБ ВГУ   |
| 9. | <a href="https://www.youtube.com/c/NAUKA0/playlists?view=50&amp;sort=dd&amp;shelf_id=3">https://www.youtube.com/c/NAUKA0/playlists?view=50&amp;sort=dd&amp;shelf_id=3</a> – лекции ученых МГУ (механико-матем. ф-т) |

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1     | <b>Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С.</b> Теоретическая механика в примерах и задачах. Том 1.  |
| 2     | <b>Поляхов Н.Н.</b> Теоретическая механика : [учебник для вузов по направлениям и специальностям "Математика" и "Механика"] / Н.Н. Поляхов, С.А. Зегжда, М.П. Юшков ; под ред. П.Е. Товстика .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Высшая школа, 2000 .— 591, [1] с. |
| 3     | <b>Прядко И.Н.</b> Кинематика : конспекты лекций / И.Н. Прядко, Б.Н. Садовский ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2009 .— 60 с. ( <a href="https://vk.com/t_meh?w=wall267966804_4">https://vk.com/t_meh?w=wall267966804_4</a> )             |
| 4     | <b>Прядко И.Н.</b> Кинематика : учебно-метод. пособие / И.Н. Прядко, Т.Ю. Сапронова. — Воронеж : Издат. дом ВГУ, 2021 .— 48 с. ( <a href="https://vk.com/t_meh">https://vk.com/t_meh</a> )   |
| 5     | Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете   |

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Дисциплина может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий, например, на платформе «Электронный университет ВГУ».

Перечень необходимого программного обеспечения: операционная система Windows, Microsoft Office, браузер Mozilla Firefox, Opera или Internet Explorer, ноутбук.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

учебная аудитория: специализированная мебель

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п   | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Оценочные средства  |
|---|--|-------------|-----------------------------------|---|
| 1.  | Кинематика.                              | ОПК-1       | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3         | домашние задания, контрольная работа, собеседование по билетам к экзамену |
| 2.  | Динамика точки.                          | ОПК-1       | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3         | домашние задания, контрольная работа, собеседование по билетам к экзамену |
| 3.  | Динамика системы точек.                  | ОПК-1       | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3         | домашние задания, контрольная работа, собеседование по билетам к экзамену |
| 4.  | Аналитическая механика.                  | ОПК-1       | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3         | домашние задания, контрольная работа, собеседование по билетам к экзамену |
| Промежуточная аттестация<br>форма контроля – зачет, экзамен |  |             |                                   | Перечень вопросов к экзамену  |

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

## 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: домашние задания, контрольная работа.

### 20.1.1 Перечень заданий для контрольных работ

#### Комплект заданий для контрольной работы № 1

##### Вариант 1

1. Муравей движется равноускоренно по прямолинейной тропинке. Найти ускорение муравья, если расстояние между песчинками  $P$  и  $Q$ , лежащими на этой тропинке, равно  $l$ , а скорость муравья при пробегании мимо песчинок  $P$  и  $Q$  принимает значения  $v_1$  и  $v_2$  соответственно.

2. Точка  $M$  движется по окружности радиуса  $R = 1$  с центром в точке  $S(0, 2)$  против часовой стрелки. Найти скорость и ускорение точки в тот момент времени, когда ее координаты равны  $(-1, 2)$ , если  $\varphi(t) = \frac{\pi}{4}t^2$  ( $\varphi$  — угол (в радианах) между векторами  $\vec{e}_1 = (1, 0)$  и  $\vec{SM}$ ,  $t$  — время в секундах).

3. Система  $Ox_1y_1z_1$  вращается вокруг неподвижной оси  $Oz_1$  с постоянной угловой скоростью  $\omega = \frac{\pi}{3}$  (рад/с). Точка  $M$  движется по оси  $Oy_1$  из точки  $y_1 = 2$  в положительном направлении оси со скоростью  $v_1 = 1$  (см/с). Найти абсолютное ускорение и кориолисово ускорение точки  $M$  в момент времени  $t = 3$  с относительно неподвижной системы  $Oxyz$ , с которой система  $Ox_1y_1z_1$  совпадает в момент времени  $t = 0$ .

##### Вариант 2

1. Студент движется равнозамедленно и прямолинейно по коридору университета. Найти расстояние между аудиториями  $A$  и  $B$ , если при прохождении мимо этих аудиторий скорость студента принимала значения  $v_1$  и  $v_2$  соответственно, а ускорение (замедление) студента равно  $a$ .

2. Точка  $M$  движется по окружности радиуса  $R = 1$  с центром в точке  $S(2, -1)$  против часовой стрелки. Найти скорость и ускорение точки в тот момент времени, когда она находится на оси  $Ox$ , если  $\varphi(t) = \frac{\pi}{8}t^2$  ( $\varphi$  — угол (в радианах) между векторами  $\vec{e}_1 = (1, 0)$  и  $\vec{SM}$ ,  $t$  — время в секундах).

3. Система  $Ox_1y_1z_1$  вращается вокруг неподвижной оси  $Oz_1$  с постоянной угловой скоростью  $\omega = \frac{\pi}{2}$  (рад/с). Точка  $M$  движется по оси  $Ox_1$  из точки  $x_1 = 5$  в отрицательном направлении оси со скоростью  $v_1 = 1$  (см/с). Найти абсолютное ускорение и кориолисово ускорение точки  $M$  в момент времени  $t = 2$  с относительно неподвижной системы  $Oxyz$ , с которой система  $Ox_1y_1z_1$  совпадает в момент времени  $t = 0$ .

#### Комплект заданий для контрольной работы № 2

##### Вариант 1

1. Тележка разгоняется по горизонтальной дороге из состояния покоя до скорости  $v_1$  (м/с) за время  $T$  (с) под действием силы, вдвое большей силы трения. Найти коэффициент трения  $f$ .

2. Снаряд выпущен с начальной скоростью  $v_0$  (м/с) под углом  $\alpha$  (рад) к горизонту и приземлился через время  $T$  (с) на расстоянии  $s$  (м) от начальной точки по горизонтали, причем максимальная его высота над горизонтом за время полета составила  $h$  (м). Зная  $h$  и  $\alpha$ , найти  $v_0$ ,  $T$  и  $s$ .

3. Точка массы 2 кг движется в плоскости из состояния покоя под действием двух сил:  $\vec{F}_1 = (12t, 0)^T$  и  $\vec{F}_2 = (-4, 8)^T$ . Найти уравнения движения точки и ее скорость в момент времени  $t_1 = 1$  (сек), если известно, что в начальный момент координаты точки равны  $(2, -1)$ .

##### Вариант 2

1. Тележка при движении по инерции по горизонтальной дороге с коэффициентом трения  $f$  останавливается за время  $T$  (с). Найти начальную скорость тележки.

2. Снаряд выпущен с начальной скоростью  $v_0$  (м/с) под углом  $\alpha$  (рад) к горизонту и приземлился через время  $T$  (с) на расстоянии  $s$  (м) от начальной точки по горизонтали, причем максимальная его высота над горизонтом за время полета составила  $h$  (м). Зная  $s$  и  $\alpha$ , найти  $v_0$ ,  $T$  и  $h$ .
3. Точка массы 1 кг движется в плоскости из начала координат под действием двух сил:  $\vec{F}_1 = (\cos t, 0)^T$  и  $\vec{F}_2 = (4, 6t)^T$ . Найти уравнения движения точки и ее скорость в момент времени  $t_1 = 1$  (сек), если известно, что в начальный момент скорость точки равна  $(0, 1)^T$ .

### Комплект заданий для контрольной работы № 3

- Вариант 1**
1. Груз массой 100 г подвесили к концу недеформированной пружины и отпустили без начальной скорости. Длина недеформированной пружины равна 45 см, а при равновесии груза на пружине ее длина равна 65 см. Найти: 1) уравнение движения груза; 2) амплитуду и период колебаний.
2. Материальная точка движется под действием силы всемирного тяготения по эллиптической орбите, причем известно, что максимальное значение угловой скорости равно  $\omega_1$ , минимальное –  $\omega_2$ , а минимальное значение расстояния от движущейся точки до фокуса (центра поля) равно  $\rho_1$ . Найти: 1) константу  $c = |r \times v|$ , 2) большую полуось  $a$  орбиты, 3) абсолютную величину скорости точки в тот момент времени, когда угловая скорость минимальна.

- Вариант 2**
1. Груз массой 100 г движется по гладкой горизонтальной прямой под действием пружины и магнитной силы величины 0,98 Н, направленной на растяжение пружины. В начальный момент пружина не деформирована и ее длина равна 55 см, а груз отпущен с нулевой скоростью. В положении равновесия длина пружины равна 75 см. Найти: 1) уравнение движения груза; 2) амплитуду и период колебаний.
2. Материальная точка движется под действием силы всемирного тяготения по эллиптической орбите, причем известно, что максимальное значение угловой скорости равно  $\omega_1$ , максимальное значение расстояния от движущейся точки до фокуса (центра поля) равно  $\rho_2$ , большая полуось орбиты равна  $a$ . Найти: 1) константу  $c = \rho^2 \dot{\phi}$ , 2) минимальное значение угловой скорости, 3) абсолютную величину скорости точки в тот момент времени, когда угловая скорость минимальна.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

контрольная работа, собеседование по экзаменационным билетам.

### 20.2.1 Перечень вопросов к экзамену

#### 20.2.1.1 Вопросы к коллоквиуму по КИНЕМАТИКЕ

1. Абсолютное пространство и абсолютное время. Материальные (отмеченные) точки. Декартова система отсчета (ДСО).
2. Закон движения материальной точки в ДСО. Скорость и ускорение материальной точки. Траектория. Пример: движение точки по окружности.
3. Цилиндрическая система координат. Выражение скорости и ускорения через цилиндрические координаты.
4. Сферическая система координат. Выражение скорости и ускорения через сферические координаты.
5. Естественный способ задания движения. Пример: движение по винтовой линии.
6. «Подвижные» и «неподвижные» системы отсчета. Матрица перехода (замены координат).
7. Абсолютная скорость, относительная скорость и переносная скорость. Абсолютное ускорение, относительное ускорение, переносное ускорение и кориолисово ускорение.
8. Теорема о сложении скоростей и ускорений (с доказательством).



9. Два частных случая сложного движения : а) «подвижная» система движется поступательно относительно «неподвижной» ; б) «подвижная» система вращается вокруг неподвижной оси.
10. Пример : точка на ободе колеса.
11. Неизменяемая система, твердая среда и твердое тело. Скорости и ускорения точек твердой среды. Векторное произведение двух векторов.
12. Поступательное движение точек твердой среды. Два критерия поступательного движения ( лемма о перемещении отрезка и лемма о двух неколлинеарных отрезках ) ( с доказательством ).
13. Вращательное движение твердой среды. Ось вращения. Вектор угловой скорости.
14. Лемма о кососимметричности ( с доказательством ). Лемма о кососимметрической матрице и векторном произведении ( с доказательством ).
15. Теорема Эйлера о скоростях точек твердой среды ( с доказательством ). Вектор мгновенной угловой скорости.
16. Свойства вектора мгновенной угловой скорости ( с доказательством ).
17. Теорема о равенстве проекций скоростей точек твердой среды на прямую, проходящую через эти точки ( с доказательством ).
18. Плоскопараллельное движение твердой среды : определение и примеры. Критерий плоскопараллельного движения ( теорема о траекториях ) ( с доказательством ).
19. Вектор мгновенной угловой скорости при плоскопараллельном движении.
20. Мгновенный центр скоростей. Теорема о мгновенном центре скоростей ( с доказательством ).
21. Геометрический способ нахождения мгновенного центра скоростей. Примеры

### 20.2.1.2 Вопросы к коллоквиуму по ДИНАМИКЕ

1. Предмет классической динамики. Законы Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея.
2. Потенциальное силовое поле. Потенциальная энергия. Закон сохранения энергии ( с доказательством ). Примеры потенциальных силовых полей.
3. Теорема об изменении импульса материальной точки ( с доказательством ). Теорема об изменении момента импульса ( кинетического момента ) материальной точки ( с доказательством ). Пример.
4. Работа силы на конечном пути ( определение ). Работа постоянной силы на прямолинейном пути. Мощность силы ( определение ). Примеры.
5. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки ( с доказательством ). Пример.
6. Свободные колебания материальной точки при отсутствии сопротивления.
7. Влияние постоянной силы на свободные колебания материальной точки. Примеры.
8. Центральная сила ( определение ). Примеры центральных сил. Теорема о потенциальной энергии центральной силы ( с доказательством ).
9. Кинетический момент точки в центральном поле. Траектория точки в центральном поле.
10. Уравнения движения в центральном поле ( с выводом ).
11. Секторная скорость. Второй закон Кеплера ( с доказательством ).
12. Уравнения орбит ( без вывода ). Зависимость формы орбиты от значения эксцентриситета. Первый закон Кеплера.
13. Зависимость формы орбиты от начальной скорости небесного тела. Первая и вторая космические скорости.
14. Третий закон Кеплера ( с доказательством ).
15. Силы, действующие на точки материальной системы. Импульс системы материальных точек ( определение ). Теорема об изменении импульса системы ( с доказательством ). Закон сохранения импульса системы ( с доказательством ). Пример.
16. Центр масс системы материальных точек ( определение ). Независимость центра масс от выбора системы отсчета. Центр масс системы материальных точек, состоящей из нескольких подсистем. Примеры.
17. Теорема о движении центра масс системы материальных точек. Пример.
18. Кинетический момент системы материальных точек ( определение ). Теорема об изменении кинетического момента системы ( с доказательством ). Закон сохранения кинетического момента системы ( с доказательством ). Пример.
19. Свободные и несвободные системы материальных точек. Уравнения связей. Примеры систем со связями. Активные силы и силы реакции связей. Примеры.
20. Степени свободы системы материальных точек. Обобщенные координаты. Примеры.
21. Уравнения Лагранжа 2-го рода ( для материальной точки ). Теорема ( с доказательством ).
22. Пример : уравнение маятника.
23. Уравнения Лагранжа 2-го рода ( для системы материальных точек ). Теорема ( без доказательства ).

### 20.2.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

|                                |   |   |
|--------------------------------|---|---|
| Формула экзаменационной оценки | Экз. оценка = $\frac{1}{3} (T1 + T2 + П)$           | T1 – оценка за 1-й коллоквиум (или 1-й вопрос в билете),<br>T2 – оценка за 2-й коллоквиум (или 2-й вопрос в билете),<br>П – общая оценка по практике. |
| Общая оценка по практике       | $П = \frac{1}{4} (КР1 + КР2 + КР3 + КР4) + РД + ПП$ | КР(n) – оценки за контр. работы,<br>РД – оценка за работу у доски,<br>ПП – оценка за посещаемость   |
| Оценка за работу у доски       | $РД = 0,05 \times КРЗД$                             | КРЗД – количество решенных задач у доски  |
| Оценка за посещаемость         | $ПП = 0,1 \times (6 - КППЗ)$                        | КППЗ – количество пропущенных практических занятий  |

*Примечание: область допустимых значений оценок за коллоквиумы и контрольные работы – от 2 до 5; итоговая оценка округляется до целого числа.*

| Критерии оценивания компетенций   | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок               |
|---|--------------------------------------|----------------------------|
| Обучающийся в полной мере использует фундаментальные знания в области математического анализа, функционального анализа и других дисциплин, способен к определению общих форм и закономерностей отдельной данной предметной области умеет строго доказать утверждения, формулировать результаты, быстро видит следствия полученного результата | <i>Повышенный уровень</i>            | <i>Отлично</i>             |
| Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы  | <i>Базовый уровень</i>               | <i>Хорошо</i>              |
| Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум-трем из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы, демонстрирует частичные знания.   | <i>Пороговый уровень</i>             | <i>Удовлетворительно</i>   |
| Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует четырем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.  | –                                    | <i>Неудовлетворительно</i> |

### 20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

#### Задания открытого типа

1. Материальная точка движется в инерциальной системе отсчета, причем сумма всех действующих на нее сил равна нулю. Найдите значение скорости точки в момент времени  $t = 10$  секунд, если ее начальная скорость равна 2 м/с.

Ответ: 2 м/с.

Решение: в силу первого закона Ньютона  $v = const = 2$  м/с.

2. Найдите сумму всех сил, действующих на материальную точку массы 2 кг, если точка движется в инерциальной системе отсчета по прямой  $Ox$  согласно закону  $x(t) = t^2 - t + 3$  (м).

Ответ: 4 Н.

Решение: в силу второго закона Ньютона  $F_x = m\ddot{x} = 2 \cdot 2 = 4$  (Н).

3. Найдите значение скорости точки массы 2 кг в момент времени  $t = 2$  секунды, если точка движется в инерциальной системе отсчета по прямой  $Ox$  из состояния покоя под действием силы  $F = 4$  Н, сонаправленной с прямой  $Ox$ .

Ответ: 4 м/с.

Решение: в силу второго закона Ньютона

$$\dot{v}_x = a_x = \frac{1}{m} F_x = 2 \Rightarrow v_x = 2t \quad (v_0 = 0) \Rightarrow v_x(2) = 4 \text{ (м/с)}.$$

4. Найдите кинетическую энергию материальной точки массы 4 кг в момент времени  $t = 1$  секунда, если точка движется в инерциальной системе отсчета по прямой  $Ox$  согласно закону  $x(t) = t^3 - t + 1$  (м).

Ответ: 8 Дж.

Решение:  $v_x = \dot{x} = 3t^2 - 1 \Rightarrow v_x(1) = 2 \Rightarrow T = \frac{1}{2}mv^2 = 8$  (Дж).

5. Найдите координаты силы  $\vec{F}(x, y, z)$  в точке  $A(1, 2, 3)$ , если известна потенциальная энергия данной силы:  $U(x, y, z) = x^2 - y^2 + 1$ .

Ответ:  $(-2, 4, 0)^T$ .

Решение:  $F = -\text{grad}U = -(2x, -2y, 0)^T = (-2x, 2y, 0)^T$ ,  $F(1, 2, 3) = (-2, 4, 0)^T$ .

### Задания закрытого типа

6. Какая теорема утверждает существование и единственность вектора мгновенной угловой скорости ?

- а) Теорема о сложении скоростей и ускорений.
- б) Теорема Эйлера о скоростях точек твердой среды.
- в) Теорема о существовании мгновенного центра скоростей.

Ответ: б) Теорема Эйлера о скоростях точек твердой среды.

Решение заключается в сравнении формулировок указанных теорем.

7. Если в твердой среде существуют два неколлинеарных направленных отрезка, перемещающихся параллельно самим себе, то движение твердой среды является:

а) вращательным, б) поступательным, в) плоскопараллельным.

Ответ: б) поступательным.

Решение: см. критерий поступательного движения твердой среды.

8. Если вектор мгновенной угловой скорости твердой среды в каждый момент времени равен нулю, то движение твердой среды является:

а) вращательным, б) поступательным, в) плоскопараллельным.

Ответ: б) поступательным.

Решение вытекает из теоремы Эйлера и определения поступательного движения твердой среды.

9. При плоскопараллельном движении твердой среды вектор мгновенной угловой скорости:

- а) ортогонален пространству скоростей,
- б) принадлежит пространству скоростей,
- в) равен нулю.

Ответ: а) ортогонален пространству скоростей.

Решение: см. формулировку теоремы о векторе мгновенной угловой скорости при плоскопараллельном движении твердой среды.

10. Если в твердой среде существуют две неподвижные точки, то:

- а) движение твердой среды является вращательным,
- б) движение твердой среды является поступательным,
- в) среда неподвижна.

Ответ: а) движение твердой среды является вращательным

Решение: среда вращается вокруг прямой, проходящей через две неподвижные точки (см. определение вращательного движения твердой среды).

### **Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:**

#### 1) Задания закрытого типа (выбор одного варианта ответа, верно/неверно):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ.

#### 2) Задания закрытого типа (множественный выбор):

- 2 балла – указаны все верные ответы;
- 0 баллов — указан хотя бы один неверный ответ.

#### 3) Задания закрытого типа (на соответствие):

- 2 балла – все соответствия определены верно;
- 0 баллов – хотя бы одно сопоставление определено неверно.

4) Задания открытого типа (короткий текст):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ.

5) Задания открытого типа (число):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ.

**Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).**