


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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
функционального анализа
и операторных уравнений

 Каменский М.И.
подпись, расшифровка подписи
25.05.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.28 Теоретическая механика

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 01.03.04 Прикладная математика
- 2. Профиль подготовки:** Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** функционального анализа и операторных уравнений
- 6. Составители программы:** Прядко Ирина Николаевна, к.ф.-м.н.
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом математического факультета, протокол от 25.05.2023, № 0500-06
- 8. Учебный год:** 2024-2025 **Семестр(ы):** четвертый

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- изучение общих законов движения и взаимодействия между телами, а также овладение основными алгоритмами исследования движения механических систем.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение механической компоненты современной естественнонаучной картины мира, понятий и законов теоретической механики;
- овладение важнейшими методами решения научно-технических задач в области механики, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений;
- ознакомление студентов с историей и логикой развития теоретической механики.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина является обязательной частью 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 математическому моделированию, 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	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике	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. Уметь: использовать базовые знания в области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности Владеть навыками: выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.
		ОПК-1.2	Умеет 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 теоретиче-	

			ских знаний.	
ОПК-2	Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования	ОПК-2.1	Владеет навыками использования математических методов и моделей для решения исследовательских задач	Знать: математические методы и модели. Уметь: осуществлять проверку адекватности математических моделей. Владеть навыками использования математических методов и моделей для решения исследовательских задач
		ОПК-2.2	Осуществляет проверку адекватности математических моделей	
		ОПК-2.3	Анализирует результаты и оценивает надежность и качество функционирования систем	

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

Форма промежуточной аттестации: экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ 4		
Аудиторные занятия	118	118		
в том числе:	лекции	50	50	
	практические	68	68	
	лабораторные			
Самостоятельная работа	98	98		
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)	36	36		
Итого:	252	252		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
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.	
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.	
1.3	Динамика систем точек.	Связи и их классификация, обобщенные координаты и обобщенные силы, принцип виртуальных перемещений для неосвобождающих связей, принцип Даламбера-Лагранжа для систем с идеальными связями, силы внутренние и внешние, теоремы динамики систем, формулы Кенига, первые интегралы уравнений движения и законы сохранения.	
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.	
2. Практические занятия			
2.1	Кинематика	Закон движения, скорость, ускорение, вращение вокруг неподвижной прямой, плоское движение, сложение скоростей и ускорений, сферическое движение	
2.2	Динамика точки	Первая и вторая задачи динамики, теоремы об изменении импульса и кинетического момента, работа, мощность, теорема об изменении кинетической энергии точки, колебания	
2.3	Динамика систем точек	Геометрия масс: центр масс материальной системы, моменты инерции твердых тел, теорема о движении центра масс материальной системы, теорема об изменении главного вектора количеств движения материальной системы, теорема об изменении главного момента количеств движения материальной системы, дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси, теорема об изменении кинетической энергии материальной системы	
2.4	Аналитическая механика	Уравнение Лагранжа 2-го рода	
3. Лабораторные занятия			

* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Кинематика.	14	23		40	77
2.	Динамика точки.	14	23		40	77
3.	Динамика систем точек.	11	11		9	31
4.	Аналитическая механика.	11	11		9	31
	Итого:	50	68		98	216

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В процессе преподавания дисциплины используются такие виды учебной работы, как лекции, практические занятия, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся. На лекциях рассказывается теоретический материал, на практических занятиях решаются задачи по теоретическому материалу, прочитанному на лекциях.

Самостоятельная учебная деятельность студентов 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 подлежат последующей проверке преподавателем. Результаты текущих аттестаций учитываются преподавателем при проведении промежуточной аттестации (4 семестр – экзамен).

В случае необходимости перехода на дистанционный режим обучения используется электронный курс «Теоретическая механика» (URL: <https://edu.vsu.ru/mod/assign/view.php?id=186733>) на портале «Электронный университет ВГУ».

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Бухгольц, Н. Н. Основной курс теоретической механики : учебное пособие / Н. Н. Бухгольц. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Часть 2 : Динамика системы материальных точек — 2021. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-0926-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168912 (а также все печатные издания этого учебника)
2.	Мещерский И.В. 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. (и все предыдущие издания)
3.	Бухгольц, Н. Н. Основной курс теоретической механики : учебное пособие для вузов / Н. Н. Бухгольц. — 11-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Часть 1 : Основной курс теоретической механики — 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-7957-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169804 (а также все печатные издания этого учебника)
4.	Прядко И.Н.. Кинематика [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И. Н. Прядко, Т. Ю. Сапронова .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021 .

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
-------	----------

5.	Бать, М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах : учебное пособие / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон. — 10-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Том 2 : Динамика — 2021. — 640 с. — ISBN 978-5-8114-1021-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168475 (а также все печатные издания этого учебника)
6.	Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 1 : Механика — 2007. — 224 с. — ISBN 978-5-9221-0819-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/223 (а также все печатные издания этого учебника)

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7.	Электронно-библиотечная система "Лань"
8.	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online"
9.	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Бухгольц, Н. Н. Основной курс теоретической механики : учебное пособие / Н. Н. Бухгольц. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Часть 2 : Динамика системы материальных точек — 2021. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-0926-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168912
2.	Мещерский И.В. 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. (и все предыдущие издания)
3.	Бухгольц, Н. Н. Основной курс теоретической механики : учебное пособие для вузов / Н. Н. Бухгольц. — 11-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Часть 1 : Основной курс теоретической механики — 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-7957-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169804
4.	Прядко И.Н.. Кинематика [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И. Н. Прядко, Т. Ю. Сапронова .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021 .

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

Информационная лекция, практическое занятие, лекция-визуализация, самостоятельное изучение лекционного материала на основе предлагаемых электронных учебников, практическое домашнее задание, контрольная работа, экзамен

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации; специализированная мебель, доска, проектор.

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(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Кинематика.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.3	КИМ-контрольная 1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
2.	Динамика точки.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1,	КИМ-контрольная 1
3.	Динамика систем точек.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3	КИМ-контрольная 2
4.	Аналитическая механика.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3	КИМ-контрольная 2
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				<i>Перечень вопросов к экзамену</i>

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

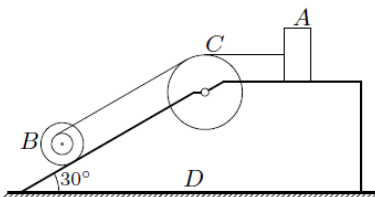
Текущая аттестация проводится в форме контрольных, примеры которых приведено ниже. В ходе контрольной работы обучающемуся выдается КИМ с практическим перечнем заданий и предлагается решить данные задания. В ходе выполнения заданий нельзя пользоваться средствами связи (включая сеть Интернет), но можно пользоваться любыми печатными и рукописными материалами, ограничение по времени — 90 астрономических минут.

Пример контрольной работы № 1

1. Считая движение снаряда в канале ствола равноускоренным, определить изменение величины скорости снаряда при выходе из канала, если ствол укоротить в n раз.
2. В плоскости $O\tilde{x}\tilde{y}$, которая вращается вокруг оси $O\tilde{z} = Oz$ с постоянной угловой скоростью ω_0 , движется точка A в положительном направлении оси $O\tilde{x}$ с постоянной относительной скоростью v_0 . В начальный момент $A = O$, $O\tilde{x} = Ox$ и $O\tilde{y} = Oy$. Найти векторы скорости и ускорения точки A в момент t относительно системы $Oxyz$.
3. Частица A массы m (кг) притягивается к неподвижной точке O с силой F , обратно пропорциональной расстоянию ρ до этой точки. Определить максимальное значение ρ , если известно, что в начальный момент $F = F_0$ (н), $\rho = \rho_0$ (м), а скорость направлена от точки O и имеет величину v_0 .

Пример контрольной работы № 2

1. Механизм, состоящий из груза A массы 6 кг, блока B массы 3 кг (большой радиус $R=16$ см, меньший — $r=8$ см) и цилиндра массы 11 кг и радиуса $R_c = 28$ см, установлен на призме D массы 40 кг, находящейся на горизонтальной плоскости. Трение между призмой и плоскостью отсутствует. Груз A массы 6 кг получает перемещение $S = 1$ м относительно призмы вдоль ее поверхности влево. Куда и на какое расстояние переместится призма?



2. Найти момент инерции тонкой квадратной пластинки с длиной стороны a и массой M относительно оси, перпендикулярной пластинке и проходящей через ее вершину.

3. Бусинка единичной массы движется по гладкой проволоке, имеющей форму $x^2 + y^2 = 1, z = 1$, под действием силы $F = r + e_y - e_x$. Найти уравнение движения, устойчивое положение равновесия и период колебаний около него амплитуды φ_0 .

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере умеет решать задачи, владеет математическим аппаратом при решении задач, осуществляет проверку адекватности моделей, анализирует результаты, оценивает надежность и качество функционирования. Верно выполнены все задания контрольной работы</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся в целом умеет решать задачи, но допускает незначительные ошибки, неточности, владеет математическим аппаратом при решении задач, осуществляет проверку адекватности моделей, анализирует результаты. В ответах и решениях допущены незначительные ошибки или правильно выполнены два из трех заданий</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся допускает существенные ошибки при решении задач, не умеет связать теорию с практикой.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: *Собеседование по экзаменационным билетам*

№№ п/п	Темы к текущей аттестации (экзамену)
1.	Основные определения
2.	Теорема о сложении скоростей и ускорений.
3.	Теорема Эйлера о скоростях точек твердой среды.
4.	Следствие о переносной вращательной скорости и ускорении Кориолиса.
5.	Свойства вектора мгновенной угловой скорости.
6.	Утверждение о мгновенном центре скоростей.
7.	Геометрический способ нахождения мгновенного центра скоростей.
8.	Пример: может ли снаряд вообще не вернуться?
9.	Интеграл энергии и фазовые траектории.
10.	Общие свойства фазовых траекторий.
11.	Закон сохранения кинетического момента в центральном поле.
12.	Уравнения движения в центральном силовом поле.
13.	Второй закон Кеплера.
14.	Интеграл энергии для уравнения расстояний.
15.	Фазовый портрет уравнения расстояний для задачи Кеплера.
16.	Уравнения орбит и первый закон Кеплера.
17.	Третий закон Кеплера.
18.	Теорема об изменении импульса системы и закон сохранения импульса. Пример: заряженные бусинки на вертикальном стержне.
19.	Теорема о движении центра масс. Пример: человек на тележке
20.	Теорема об изменении и закон сохранения кинетического момента.
21.	Уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.

22.	Пример: фигурист.
23.	Пример: человек на платформе Жуковского.
24.	Теорема Гюйгенса–Штейнера.
25.	Теорема об изменении кинетической энергии и случай неизменяемой системы.
26.	Теорема Кёнига.
27.	Кинетическая энергия твердого тела при вращении вокруг неподвижной оси и пример: осциллятор на катках.
28.	Потенциальные силовые поля, примеры.
29.	Теорема об уравнениях Лагранжа и случай потенциальных сил.
30.	Линеаризация (вывод уравнений первого приближения).
31.	Пример с падением камня в колодезь.
32.	Маятник Фуко
33.	Принцип Гамильтона наименьшего действия, связь с уравнениями Лагранжа.
34.	Канонические уравнения Гамильтона; пример

Примеры практических заданий на экзамене

1. Если матрица B перехода от координат векторов в подвижной системе \tilde{S} к координатам векторов в неподвижной системе S постоянна, то можно ли утверждать, что скорость любой точки, неподвижной относительно \tilde{S} , постоянна относительно S ?
2. Могут ли скорости вершин A и B твердого равностороннего треугольника ABC равняться, соответственно, \overline{AC} и \overline{BC} ?
3. Могут ли скорости двух точек твердого тела образовывать с вектором Ω мгновенной угловой скорости разные углы?
4. При вертикальных запусках снарядов на большое расстояние как изменится максимальное удаление от Земли при удвоении массы снаряда и сохранении начальной скорости?

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. КИМ содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. В случае успешного написания контрольных работ, студент освобождается от практического задания.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины, умеет связать теорию с практикой, доказывать теоремы и решать задачи, владеет математическим аппаратом при решении задач, осуществляет проверку адекватности моделей, анализирует результаты, оценивает надежность и качество функционирования</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины; в целом, умеет связать теорию с практикой, умеет доказывать теоремы и решать задачи, но допускает незначительные ошибки, неточности, владеет математическим аппаратом при решении задач, осуществляет проверку адекватности моделей, анализирует результаты</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся частично владеет теоретическими основами</i>	<i>Пороговый</i>	<i>Удовлетвори-</i>

дисциплины, допускает существенные ошибки при решении задач, не умеет связать теорию с практикой.	уровень	тельно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Неудовлетворительно

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

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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).

6. Небесное тело движется под действием «ньютоновой» силы, определяемой законом всемирного тяготения, причем кинетический момент тела (принимаемого за точку) отличен от нуля. Какую форму имеет орбита этого тела ?

- а) Орбита имеет форму эллипса.
- б) Орбита имеет форму параболы.
- в) Орбита может иметь форму любого невырожденного конического сечения.

Ответ: в) Орбита может иметь форму любого невырожденного конического сечения.

Решение. Уравнение орбиты имеет вид $\rho = \frac{p}{1 + \varepsilon \cdot \cos \varphi}$. В зависимости от зна-

чения эксцентриситета ε , это уравнение задает эллипс, параболу или ветвь гиперболы.

7. При движении материальной точки в центральном поле:

- а) скорость точки постоянна,
- б) ускорение точки постоянно,
- в) секторная скорость точки постоянна.

Ответ: в) секторная скорость точки постоянна.

Решение: см. доказательство второго закона Кеплера.

8. Из трех приведенных ниже утверждений выберите истинное :

- а) периоды обращения планет вокруг Солнца пропорциональны большим полуосям их орбит,
- б) квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит,
- в) кубы периодов обращения планет вокруг Солнца пропорциональны квадратам больших полуосей их орбит.

Ответ: б) квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит,

Решение: см. третий закон Кеплера.

9. Из трех приведенных ниже утверждений выберите истинное :

- а) при движении материальной точки в центральном поле траектория точки является замкнутой кривой,
- б) при движении материальной точки в центральном поле траектория точки лежит в плоскости, ортогональной кинетическому моменту точки,
- в) при движении материальной точки в центральном поле траектория точки лежит в плоскости, параллельной кинетическому моменту точки.

Ответ: б) при движении материальной точки в центральном поле траектория точки лежит в плоскости, ортогональной кинетическому моменту точки.

Решение: см. теорему о траектории точки в центральном поле.

10. Из трех приведенных ниже утверждений выберите истинное :

- а) при движении материальной точки в центральном поле кинетический момент точки сохраняет постоянное значение,

б) при движении материальной точки в центральном поле кинетический момент точки равен нулю,

в) при движении материальной точки в центральном поле кинетический момент точки зависит от координат точки.

Ответ: а) при движении материальной точки в центральном поле кинетический момент точки сохраняет постоянное значение.

Решение: см. теорему о сохранении кинетического момента точки в центральном поле.

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

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 (в м/с), если ее начальная скорость равна 2 м/с.

(В ответе указать только число)

Ответ: 2

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

2. Найдите сумму (в ньютонах) 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).

(В ответе указать только число)

Ответ: 4

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

3. Найдите значение скорости (в м/с) 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 .

(В ответе указать только число)

Ответ: 4

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 (в джоулях) 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).

(В ответе указать только число)

Ответ: 8

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

5. Найдите величину (модуль) силы $\vec{F}(x, y, z)$ в точке $A(0, 2, 3)$, если известна потенциальная энергия данной силы: $U(x, y, z) = x^2 - y^2 + 1$.

Ответ: 4

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

6. Найдите координату x 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 $F = 8\text{Н}$, сонаправленной с прямой Ox , причем в момент $t = 0$ точка находилась в начале координат.

(В ответе указать только число)

Ответ: 8

Решение: в силу второго закона Ньютона

$$\ddot{x} = a_x = \frac{1}{m} F_x = 4 \Rightarrow \dot{x}(t) = 4t \quad (v_0 = 0) \Rightarrow x(t) = 2t^2 \quad (x_0 = 0) \Rightarrow x(2) = 8 \text{ (м)}.$$

7. Кинетический момент точки, движущейся в центральном поле, равен $(2, -1, 3)^T$. Найдите уравнение плоскости (в виде $ax + by + cz + d = 0$), содержащей траекторию данной точки.

Ответ: $2x - y + 3z = 0$.

Решение: при движении материальной точки в центральном поле траектория точки лежит в плоскости, ортогональной кинетическому моменту точки и проходящей через центр поля (то есть через начало координат).

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).