

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт математики, информационных технологий и физики
Кафедра общей физики

С. Н. Костенков

МЕХАНИКА

СБОРНИК
задач по общей физике



Ижевск
2021

УДК 378.02:37.016
ББК 74.480.262.23-275
М – 543

*Рекомендовано к изданию
Учебно-методическим советом УдГУ*

Рецензенты: кандидат физико-математических наук, доцент
Владимир Геннадиевич Лебедев,
доктор педагогических наук, профессор
Татьяна Александровна Снигирева
Составитель: кандидат физико-математических наук, доцент
Сергей Николаевич Костенков

М – 543 **Механика:** сборник задач по общей физике/ сост. С. Н. Костенков. –
Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. – 44 с.

Сборник задач предназначен для студентов направления подготовки бакалавров «Физика». Он включает в себя задачи, предлагаемые для решения на практических занятиях и дома самостоятельно, по дисциплине «Механика», являющейся одним из разделов курса общей физики. Сборник задач может быть использован в рамках работы по другим дисциплинам близким по своему программному содержанию.

Пособие пригодится студентом направлений подготовки бакалавров «Прикладные математика и физика» при освоении курса общей физики.

УДК 378.02:37.016
ББК 74.480.262.23-275

© С. Н. Костенков, сост., 2021
© ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный университет», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
Общие методические указания.....	4
§1. Кинематика материальной точки.....	6
§ 2. Динамика материальной точки.....	8
§ 3. Работа, энергия, мощность.....	11
§ 4. Силы тяготения. Движение в поле тяготения.....	15
§ 5. Динамика твердого тела.....	16
§ 6. Неинерциальная система отсчета.....	20
§ 7. Механика жидкостей и газов.....	22
§ 8. Упругие деформации.....	24
§ 9. Динамика механических колебаний.....	26
§ 10. Волны в упругих средах. Акустика.....	32
§ 11. Варианты контрольных аудиторных работ.....	34

Предисловие.

Данное пособие подготовлено в соответствии с требованиями действующих федеральных образовательных стандартов высшего образования бакалавриата по направлению подготовки «Физика». При его составлении были использованы задачи различных сборников, но большая часть была позаимствована из книг А. М. Зайцева «Задачник практикум по общей физике. Механика» под редакцией Н. В. Александрова, И. Е. Иродов «Задачи по общей физике». И поэтому для решения задач находящихся в данном пособии желательнее использовать методические пособия под редакцией этих авторов.

Сборник задач включает в себя задачи, предлагаемые для решения на практических занятиях и для решения самостоятельно дома по дисциплине «Механика». Содержание данного пособия структурировано по разделам курса общей физики «Механика» и включает в себя основные темы программы этой дисциплины.

Общие методические указания.

Изучение общей физики студентами высших учебных заведений, складывается из трех основных элементов: **1)** работы с учебными пособиями (с литературой) содержащими программные вопросы курса физики; **2)** решения задач; **3)** выполнения лабораторных работ.

Без прочного и глубокого усвоения основных теоретических положений общей физики невозможно применение полученных знаний на практике при решении задач. Поэтому большой объем самостоятельной работы с учебниками и учебными пособиями является необходимым условием успешной подготовки студентов к зачету и экзаменам. Чтение только лекций, как правило, бывает недостаточно, поскольку в лекционном курсе начитывается идея вопроса. Рекомендуется студентам заниматься изучением курса физики систематически в течение всего учебного периода. Повторение в сжатые сроки перед семестровыми экзаменами, как показывает практика, не дает глубоких и прочных знаний. Чтение и заучивание любого учебника или учебного пособия, даже самого хорошего, без конспектирования, т.е. без записи главного из того, что Вы поняли, - занятие весьма утомительное и бесполезное.

Вы должны учиться размышлять, ибо только уровень Вашего мышления определяет способность применять Ваши знания к решению задач. Выбрав какое-либо учебное пособие в качестве основного, старайтесь придерживаться именно его, так как замена одного пособия другим в процессе изучения курса физики может привести к утрате логических связей между отдельными вопросами. Однако, если в выбранном учебнике Вы не найдете полного ответа на тот или иной вопрос программы, можете обратиться к другим учебным пособиям. Самостоятельную работу по изучению курса физики подвергайте систематическому самоконтролю.

Опыт работы со студентами со всей очевидностью показал, что нет единого образного пути восприятия основ физики. Учитывая разные пути восприятия основ физики. Образное мышление, модельные представления, представления математическими символами, воображая физический закон в виде математических формул. Связывание физических законов с опытами, процессами, которые удалось наблюдать. Следует напомнить, что в конечном итоге студентам требуется понять и усвоить законы физики, а как Вы будете себе представлять их и как Вы будете в них ориентироваться - это дело Вашего вкуса.

Задачей преподавателей является предоставление студентам полной свободы выбора воспринять основы физики так, как любому из Вас проще, доступнее, всесторонне помогая в этом.

Нередко приходится сталкиваться с ситуацией, когда студент, неплохо ориентируется в теоретических вопросах курса физики, умеющие записать и объяснить физический смысл практически любой формулы или закона, становятся совершенно беспомощными при решении задач. И это не случайно. Для успешного решения задач знание теории необходимо, но еще не достаточно.

Решение физической задачи предполагает установление неизвестных связей между заданными и искомыми физическими величинами и определение последних. Установление же необходимых связей между величинами предполагает умение анализировать физическую ситуацию, изложенную в условии задачи.

В условии задачи всегда отражено какое-то физическое явление, и для ее решения необходимо не только знать теорию этого явления, но и уметь анализировать заданную в условии задачи физическую ситуацию, связанную с этим явлением.

Это умение приобретается на опыте в процессе решения задач. Одновременно постепенно реализуется достижение более высокой цели - усвоение системы знаний по физике и ее применение к решению задач. Помните, решение задач - это творческий процесс. Подходов к той или иной задаче значительно больше, чем самих задач. Для того чтобы научиться решать задачи, следует придерживаться более или менее систематического порядка действий.

Предлагается такой порядок:

- а) Внимательно прочитайте задачу и запишите условие, записать математически данные, проследить, чтобы все заданные величины были выражены в СИ или СГС системе.
- б) Обдумайте условие задачи. Выясните, о каких физических процессах (явлениях) в ней идет речь, каким закономерностям эти процессы (явления) подчиняются. Наметьте примерный путь решения, определите табличные величины.
- в) Сделайте чертеж, схему, рисунок с обозначением данных и искомых величин, помните при этом, что любое построение - это не самоцель, а помощь в

решении задачи. Ошибка в построении неизбежно ведет к ошибке в решении задачи.

г) Используя математические записи физических законов, отвечающих содержанию конкретных задач, запишите уравнение или систему уравнений, содержащих явно искомую или искомые физические величины. Помните, что решение задач следует сопровождать кратким, но исчерпывающим пояснением.

д) Решите задачу в общем, виде, т.е. получите математическое выражение, рабочую формулу, в левой части которого находится искомая величина, а в правой - заданные в условии задачи и взятые из таблиц величины.

е) Произведите проверку размерности искомой величины. Если в результате получена верная размерность, то это, конечно, не гарантия верного решения, однако неверная размерность - прямое указание на допущенную ошибку.

ж) Подставьте в рабочую формулу числовые значения заданных и табличных величин, выраженные в СИ или СГС, и произведите вычисления, руководствуясь правилами приближенных вычислений.

з) Оцените правдоподобность числового ответа. В ряде случаев такая оценка поможет Вам обнаружить ошибочность полученного результата.

Умение решать задачи приобретается длительными и систематическими упражнениями.

§1. Кинематика материальной точки.

Задача 1. Тело движется прямолинейно. Зависимость пройденного пути от времени определяется уравнением $s = (0,5t + t^2)$ м. Определить зависимость скорости и ускорения от времени; среднюю скорость тела за вторую секунду; путь, пройденный телом за пятую секунду. Начертите графики зависимости пути, скорости и ускорения от времени.

Задача 2. Зависимость перемещения от времени выражается уравнением $s = s_0 + At^2 - Bt^3$, где A и B – постоянные. Определите и начертите график зависимости скорости и ускорения от времени; перемещение тела через 3 с, если наибольшая скорость тела через 2 с, после начала движения 3 м/с.

Задача 3. Движение материальной точки по двум взаимно перпендикулярным направлениям определяется уравнениями:

$$\begin{aligned}x &= (5 + 4t^2) \text{ м;} \\y &= 3t^2 \text{ м.}\end{aligned}$$

Определите зависимость перемещения, скорости, и ускорения от времени. По какой траектории движется тело?

Задача 4. Движение тела в горизонтальном и вертикальном направлениях определяется уравнениями:

$$x = 250t \text{ м}$$

$$y = (430t - 4,9t^2) \text{ м.}$$

Определите уравнение траектории движения; скорость в начальный момент; полное ускорение; наибольшую высоту подъема тела и дальность его полета; радиус кривизны траектории в момент падения и в момент наивысшего подъема.

Задача 5. Уравнение траектории тела, движущегося в поле Земли, имеет вид

$$y = (-0,196x^2 + 1,732x) \text{ м.}$$

Определите начальную скорость тела; полное, нормальное и тангенциальное ускорение в момент удара о землю; время движения.

Задача 6. Уравнение траектории материальной точки имеет вид

$$\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{4} = 1,$$

а зависимость пути от времени определяется уравнением

$$s = (2t^2 + t + 1) \text{ м.}$$

Определите кинематические характеристики поступательного движения; координаты точки через 1 сек, если в начальный момент они были равны $x = 2$, $y = 0$.

Задача 7. Автомобиль движется по шоссе так, что зависимость его скорости от времени определяется уравнением

$$v = (1 + 5t) \text{ м/с.}$$

Небольшой камешек застрял в узоре протектора автомобильной шины радиусом 40 см. Определите относительно неподвижного наблюдателя зависимость от времени линейной скорости камешка в момент его касания с землей и при наибольшем его удалении от земли. Найдите линейное ускорение камешка, и угловое ускорение колеса через 0,5 сек после начала ускоренного движения; число оборотов колеса за 2 сек ускоренного движения автомобиля.

Задача 8. Смещение материальной точки по двум взаимно перпендикулярным направлениям описывается уравнениями

$$x = 10 \cos 3t \text{ см}$$

$$y = 10 \sin 3t \text{ см.}$$

Определите уравнение траектории движения, линейную скорость и ускорение движения, характер движения по найденной траектории.

Задача 9. Смещение материальной точки по двум взаимно перпендикулярным направлениям описывается уравнениями

$$x = 10 \sin 2t \text{ см}$$

$$y = 5 \sin (2t + 1, 57) \text{ см.}$$

Определите уравнение траектории, зависимость линейной скорости от времени, скорость точки в момент времени 0,5 сек, максимальную скорость, координаты точек траектории, в которых скорость наибольшая и наименьшая.

Задача 10. Колесо вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени определяется уравнением

$$\alpha = (1 + 2t - 2t^3).$$

Нормальное ускорение точек, лежащих на ободе колеса к концу второй секунды движения, равно 200 м/с^2 . Определите зависимость от времени угловой и линейной скорости, углового и полного линейного ускорения для точек, лежащих на ободе колеса, радиус колеса.

§ 2. Динамика материальной точки.

Задача 1. Под действием какой силы у тела массой 10 кг при прямолинейном движении изменение пути со временем происходит по закону

$$s = 10t(1 - 2t) \text{ м?}$$

Постройте графики зависимости пути, скорости и ускорения от времени.

Задача 2. Тело массой 1 кг движется с ускорением

$$a = (6t - 10) \text{ м/с}^2,$$

где t – отсчитывается с момента наблюдения. Определите силу, действующую на тело через 2 с после начала действия, скорость и путь, пройденный телом за 10 с. Начертите графики зависимости скорости силы, действующей на тело, от времени.

Задача 3. На концах нити, перекинутой через блок, висят две гири разной массы. В начальный момент времени они на одинаковой высоте. Через 2 сек расстояние между ними по высоте равно 1,2 м. Масса большей гири 0,2 кг. Блок и нить считайте невесомыми. Определите массу меньшей гири, натяжение нити, силу давления на ось блока.

Задача 4. Через легкий блок перекинута нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены грузы с общей массой 10 кг. После освобождения грузы приходят в движение и за 0,5 с каждый, смещается на 0,75 м. Определите силу давления на ось блока, натяжение нити, массу каждого груза.

Задача 5. Через невесомый блок перекинута веревка, к концам которой прикреплены грузы массами 100 г, 200 г. Блок движется вверх с ускорением 2 м/сек^2 . Пренебрегая трением, определите ускорения грузов относительно Земли, силу давления на ось блока.

Задача 6. Через блок малой массы перекинут легкий шнурок. На одном конце шнурка привязан груз массой 1 кг, по - другому скользит кольцо массой 0,4

кг. Ускорение кольца относительно шнура $a = g/2$. Определите ускорения тел относительно Земли, силу трения, действующую на кольцо.

Задача 7. Два груза 2 кг и 3 кг, лежащие на горизонтальном столе, связаны нитью. Когда эту систему тянут в горизонтальном направлении за груз в 2 кг с силой 80 Н, нить обрывается. Определить прочность нити.

Задача 8. На горизонтальной плоскости лежат пять связанных нитью грузов массой m каждый. На нити, прикрепленной к этим грузам и перекинутой через блок, подвешен груз массой $2m$. Коэффициент трения скольжения между плоскостью и грузами 0,1. Определите ускорения грузов, силу натяжения веревки, действующую на груз наиболее удаленный от блока, силу, действующую на ось блока.

Задача 9. Ледяная гора составляет с горизонтом угол 30 градусов. Из некоторой точки по ней снизу вверх движется тело с начальной скоростью 10 м/с. Коэффициент трения скольжения 0,1. Определите скорость тела при его возвращении в ту же точку, высоту поднятия тела.

Задача 10. На столе лежит доска массой 2 кг, на доске груз массой 1 кг. Коэффициент трения скольжения между грузом и доской 0,25, между доской и столом 0,05. Какую силу нужно приложить к доске в горизонтальном направлении, чтобы доска выскользнула из-под груза.

Задача 11. На наклонной плоскости, составляющей угол 20 градусов с горизонтом, закрепили синтетическое покрытие и на него положили деревянную доску массой 5 кг и длиной 1 м. На верхний конец доски поместили брусок массой 2 кг с коэффициентом трения между доской и бруском 0,2. При движении доски по плоскости брусок двигался по доске и через 0,77 с после начала движения соскользнул с доски. Определите коэффициент трения между доской и плоскостью.

Задача 12. На конец нити длиной 50 см, которая имеет предел прочности 10 Н, привязали шарик массой 200 г и начали вращать в вертикальной плоскости. Определите наименьшую угловую скорость вращения, при которой нить разорвется, высоту центра окружности над поверхностью Земли, по которой происходит вращение, если оторвавшийся шарик упал на горизонтальную поверхность на расстоянии 3,70 м.

Задача 13. В вагоне движущегося поезда производится взвешивание тела на пружинных весах, свободно перемещающихся относительно точки подвеса. При движении поезда по закруглению со скоростью 72 км/ч весы показали 50,25 Н, при движении по прямолинейному горизонтальному пути с посто-

янной скоростью весы показывают 50 Н. Определите радиус закругления железнодорожного полотна.

Задача 14. К вращающемуся горизонтальному диску на расстоянии 10 см от оси вращения привязана нить длиной 60 см с грузиком на конце. Нить с вертикалью составляет угол 45 градусов. На каком расстоянии от оси вращения диска может удерживаться небольшое тело, положенное на него, если коэффициент трения скольжения 0,25.

Задача 15. Из облака, находящегося на высоте 1 км, в безветренный день падают на Землю дождевые капли массой $3,2 \cdot 10^{-6}$ кг. Коэффициент пропорциональности между силой сопротивления воздуха и скоростью капель $7 \cdot 10^{-7}$ Н сек/м и масса капли во время падения не меняются. Определите относительно неподвижного наблюдателя скорость капли у поверхности Земли, время ускоренного движения капли.

Задача 16. Моторная лодка массой 200 кг двигалась по озеру со скоростью 20 м/с. После выключения мотора лодка прошла путь 40 м и остановилась. Считая силу сопротивления воды движению лодки пропорциональной квадрату скорости. Определите зависимость скорости лодки и пройденного ею пути от времени после выключения мотора, коэффициент пропорциональности между силой сопротивления и квадратом скорости, время движения лодки с выключенным мотором.

Задача 17. Парашютист массой 80 кг совершает учебный прыжок с высоты 1 км и приземляется, имея вертикальную составляющую скорости 5 м/с. Считая силу сопротивления воздуха пропорциональной квадрату скорости парашютиста, определите коэффициент пропорциональности между силой сопротивления и квадратом скорости, время ускоренного движения.

Задача 18. Определить положение центра масс фигуры в виде тонкого круглого диска с радиусом 5 см, в котором вырезаны два круглых отверстия с радиусами 1,5 см, причем центры отверстий лежат на расстоянии 2,5 см от центра диска на двух взаимно перпендикулярных диаметрах диска.

Задача 19. Определить положение центра масс пластинки, имеющей форму сегмента с углом 90 градусов.

Задача 20. Масса Луны составляет 1,2% от массы Земли. Расстояние от Земли до Луны 384000 км. Определите положение центра массы системы Земля – Луна.

Задача 21. Лодка массой 120 кг неподвижна в стоячей воде. Находящийся в лодке человек массой 80 кг переходит с одного конца лодки на другой. При

этом лодка относительно дна смещается на 80 см. Пренебрегая сопротивлением воды, определите длину лодки.

Задача 22. Две лодки идут навстречу параллельными курсами. Когда лодки находятся друг против друга, с каждой лодки во встречную одновременно перекадывают груз массой 50 кг, в результате первая лодка останавливается, а вторая идет, со скоростью 2,55 м/сек в прежнем направлении. Определите скорости лодок до обмена грузами, если массы лодок с грузом равны 500 кг и 1000 кг.

Задача 23. На железнодорожной платформе, движущейся со скоростью 5 м/с, укреплено орудие. Масса платформы с орудием 10000 кг. Из орудия, ствол которого приподнят над горизонтом на угол 60 градусов, производится выстрел. Масса снаряда 25 кг, начальная скорость снаряда относительно орудия 500 м/сек. Определите скорость платформы, если ствол орудия направлен в сторону движения и против движения платформы.

Задача 24. Плот массой 600 кг и длиной 12 м самосплавом переправляют по реке со скоростью 1 м/с. Одновременно с одного конца плота на другой переходят два человека, один массой 40 кг идет по течению реки, другой массой 100 кг ему навстречу. Оба движутся со скоростью 0,8 м/с относительно плота. Определите смещение плота относительно Земли к тому моменту, когда сплавщики поменяются местами.

Задача 25. Снаряд, запущенный под углом 30 градусов к горизонту, разрывается в верхней точке траектории на высоте 35 м на две одинаковые части. Одна часть падает на Землю через 1 с после взрыва под местом взрыва. Определите скорость первой части снаряда при падении на Землю.

§ 3. Работа, энергия, мощность.

Задача 1. Тело массой 50 кг двигалось по горизонтальной поверхности на восток со скоростью 5 м/сек. В течение 30 сек на тело действовала сила, постоянная по величине и по направлению, в результате чего тело начало двигаться на запад со скоростью 10 м/сек. Определите величину силы, работу совершенную над телом.

Задача 2. Тело массой 1 кг под действием постоянной силы движется прямолинейно, причем путь, пройденный телом, зависит от времени $s = (2t^2 + 4t + 1)$ м. Определите работу силы за 10 секунд с начала её действия, зависимость кинетической энергии от времени и от пути.

Задача 3. Тело массой 200 г брошено под углом 60 градусов к горизонту и упало на Землю на расстоянии 10 м через 2 с. Пренебрегая сопротивлением

воздуха, определите работу при бросании, кинетическую и потенциальную энергии тела в высшей точке траектории.

Задача 4. Кусок льда один раз бросают под углом 45° к горизонту, а другой раз пускают с такой же скоростью по горизонтальной поверхности льда. Во втором случае брошенный лед переместился на расстояние в 10 раз большее, чем в первом. Определите коэффициент трения при скольжении льда о лед.

Задача 5. Оконная солнцезащитная штора массой 1 кг и длиной 2 м при открывании окна свертывается в тонкий валик наверху окна. Какая при этом совершается работа?

Задача 6. Прямоугольная яма, площадь основания которой S и глубина H , наполовину заполнена водой. Насос выкачивает воду и подает её на поверхность Земли через цилиндрическую трубу радиуса R . Определить мощность насоса, если он выкачал всю воду за время t .

Задача 7. Буксирный пароход тянет баржу со скоростью 12 км/ч . При этом натяжение каната $90\,000 \text{ Н}$. Без баржи при движении с той же скоростью двигатель буксира развивает мощность 8 кВт . Сила сопротивления воды пропорциональна квадрату скорости. Определите мощность двигателя парохода при буксировке баржи, коэффициент сопротивления воды движущейся баржи и парохода, мощность двигателя парохода при увеличении скорости в два раза.

Задача 8. Мощность двигателя катера массой 1000 кг равна 40 кВт . Коэффициент пропорциональности между силой сопротивления и скоростью движения катера 150 Н с/м . Определите максимальную скорость, которую может приобрести катер.

Задача 9. Масса вертолета равна m . Диаметр винта, отбрасывающего вниз цилиндрическую струю воздуха того же диаметра, равен d . Определите мощность мотора, если вертолет неподвижен, вертолет поднимается вертикально вверх с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$.

Задача 10. Водитель оставил на шоссе дороге, имеющей уклон α , машину массой m без присмотра. Машина от случайного толчка пришла в движение, прошла под уклон путь s , а затем ещё некоторый путь по горизонтальной дороге, и остановилась. Определите наименьшую работу, которую должен совершить мотор машины, если водитель поведет её в обратном направлении. Считать коэффициент трения величиной постоянной.

Задача 11. Груз массой m равноускоренно поднимают по наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом. Коэффициент трения скольжения между грузом и плоскостью μ , длина наклонной плоскости L . Определите величину силы тяги, работу при подъеме груза в течение времени t , энергию тела после подъема.

Задача 12. Тело скользит с вершины неподвижной наклонной плоскости под углом 30° к горизонту. Высота наклонной плоскости 50 м, коэффициент трения скольжения $0,05$. Определите время движения, скорость тела в конце наклонной плоскости, путь, пройденный телом по горизонтальной поверхности до остановки.

Задача 13. Определите мощность трамвайного мотора, если он тянет состав массой 5000 кг со скоростью 6 м/с в гору с углом 20° . Коэффициент трения скольжения $0,1$. Коэффициент полезного действия мотора $0,9$. При каком угле наклона затрачиваемая мощность будет максимальна и чему она равна?

Задача 14. Два человека поднимаются на поверхность Земли из метро. Первый – по неподвижному эскалатору, второй – по эскалатору, движущемуся вниз со скоростью $0,5$ м/с. Оба поднимаются на высоту 10 м. Эскалаторы составляют с горизонтом угол 45° . Время подъема первого по эскалатору 20 с, второго – в два раза больше. Сравните работу и мощность, производимую при подъеме первым и вторым человеком. На что идет работа человека в обоих случаях?

Задача 15. Тележка массой $0,5$ кг и длиной 40 см движется без трения по горизонтальным рельсам со скоростью $1,25$ м/с. На передний край тележки положили небольшое тело массой 100 г, которое через некоторое время остановилось на середине тележки. Определите коэффициент трения между телом и тележкой, время движения тела по тележке, работу против силы трения.

Задача 16. Через гладкое бревно перекинут канат, единица длины которого имеет массу ρ . Концы каната связаны и образуют петлю. Гимнаст массой m , взявшись за вертикальный участок каната, пытается подняться вверх, но, подтягиваясь, остается все время на одной высоте. Определите зависимость мощности гимнаста от времени, мощность гимнаста в момент его касания первичной точки захвата каната.

Задача 17. Небольшое тело, находящееся на гладкой цилиндрической трубе, получает небольшой толчок в горизонтальном направлении. Пройдя путь $0,125$ м по поверхности трубы в направлении, перпендикулярном образующей цилиндра, тело отрывается от трубы. Радиус трубы $0,25$ м. Определите

начальную скорость тела, при каких начальных скоростях тело не будет двигаться по поверхности трубы.

Задача 18. Шарик, подвешенному на нити длиной 2 м, толчком сообщили скорость 8 м/с. Определите высоту, на которой нить не будет натянута и шарик перестанет двигаться по окружности, скорость шарика в этот момент, высоту поднятия шарика над точкой подвеса.

Задача 19. На очень тонкой нити подвешен шарик. Шарик поднимают до точки подвеса так, что нить становится горизонтальной, и отпускают. Определите точки траектории, в которых полное линейное ускорение направлено вертикально вниз, вертикально вверх, горизонтально, величину ускорения в этих точках.

Задача 20. Стальной шар массой 5 кг подвесили на шнур длиной 4 м и выстрелили в него по горизонтальной прямой, проходящей через центр шара из духового ружья. При этом пуля массой 0,005 кг упруго от него отскочила, а шнур отклонился на угол 10 градусов. Определите скорость пули.

Задача 21. Два шара одинаковой массы 0,2 кг из абсолютно неупругого материала висят на нитях длиной 1 м, касаясь, друг друга. Один из шаров отводят в сторону так, что нить образует с вертикалью угол 60 градусов, и отпускают. Определите наибольшую высоту поднятия их общего центра массы после соударения, наибольшее натяжение нити.

Задача 22. Боек автоматического молота массой 100 кг падает на заготовку детали, масса которой вместе с наковальней 2000 кг. Скорость молота в момент удара 2 м/с. Считая удар абсолютно неупругим, определите энергию, идущую на деформацию заготовки.

Задача 23. Тяжелая горизонтальная плита движется вертикально вниз с постоянной скоростью u_0 . На плиту падает маленький легкий шарик, пройдя до первого упругого соударения с плитой путь h_0 . Определите относительно неподвижного наблюдателя скорость шарика после первого соударения, высоту подъема шарика над плитой после третьего соударения, начертите график зависимости скорости от времени, начиная с момента первого соударения.

Задача 24. Веревка длиной 2 м свешивается со стола. Коэффициент трения между веревкой и столом 0,1. Определите длину конца, свисающего со стола, при которой начнется скольжение веревки, скорость веревки в тот момент, когда длина свисающего конца равна 1 м.

Задача 25. На стенку вогнутой сферической чаши радиуса R положили небольшое тело. В начальный момент времени центр массы тела поднят над го-

горизонтальной поверхностью на высоту $R/2$. Предоставленное само себе тело начинает скользить и останавливается на высоте вдвое меньшей. Определите коэффициент трения скольжения между телом и поверхностью чаши.

§ 4. Силы тяготения. Движение в поле тяготения.

Задача 1. Определите силу взаимодействия между кольцом из тонкой проволоки, радиус которой r , и небольшим шариком массой m , который находится на оси кольца на расстоянии L от его центра. Радиус кольца R , плотность проволоки ρ .

Задача 2. С какой силой взаимодействуют шарик массой 10 г и свинцовый шар, имеющий сферическую полость? Радиус шара 20 см, радиус полости 10 см, расстояние между шариком и поверхностью шара 80 см. С какой силой свинцовый шар будет действовать на шарик, если последний находится внутри полости?

Задача 3. На какой высоте над поверхностью Земли напряженность поля тяготения 0,5 Н/кг? Определите потенциал поля тяготения на той же высоте.

Задача 4. На сколько процентов меняется напряженность и потенциал гравитационного поля Земли при подъеме на высоту: $h_1 = 10^6$ м, $h_2 = R = 6400$ км. Каково ускорение свободного падения на высотах h_1 и h_2 ?

Задача 5. Считая Землю шаром, определите ускорение свободного падения на полюсе, экваторе, на широте Ижевска.

Задача 6. Расстояние от Солнца до Земли в 390 раз больше расстояния от Луны до Земли. Луна совершает 13 обращений вокруг Земли в течение года. Считая орбиты Земли и Луны приблизительно круговыми, определите отношение масс Земли и Солнца.

Задача 7. Расстояние от Луны до центра Земли изменяется от 363300 км в перигее до 405500 км в апогее, период обращения Луны 27,32 суток. Искусственный спутник Земли выведен на орбиту с параметрами: в апогее расстояние от поверхности Земли 805 км, в перигее – 284 км. Средний диаметр Земли 12756 км. Определите период обращения спутника.

Задача 8. Масса Земли в 81,3 раза больше массы Луны. Радиус Земли в 3,66 раза больше радиуса Луны. Определите первую и вторую космические скорости для Земли, напряженность и потенциал гравитационного поля Луны на поверхности Луны, во сколько раз космические скорости для Земли больше, чем для Луны.

Задача 9. Определите высоту подъема снаряда зенитного орудия, запущенного вертикально вверх со скоростью 2000 м/с. Какой путь пройдет снаряд за первую секунду своего падения на Землю? Наличие атмосферы у Земли не учитывайте.

§ 5. Динамика твердого тела.

Задача 1. Три шарика массой 100 г каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника и скреплены между собой легкими стержнями длиной 10 см каждый. Определите момент инерции системы относительно оси перпендикулярной плоскости треугольника и проходящей через центр описанной окружности.

Задача 2. Три шарика массой 100 г каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника и скреплены между собой легкими стержнями длиной 10 см каждый. Определите момент инерции системы относительно оси лежащей в плоскости треугольника и проходящей через один из шаров параллельно прямой, соединяющей два других шара;

Задача 3. Три шарика массой 100 г каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника и скреплены между собой легкими стержнями длиной 10 см каждый. Определите момент инерции системы относительно оси проходящей через один из шаров и лежащей в плоскости, перпендикулярной плоскости треугольника.

Задача 4. Стальная пластинка толщиной 1 мм имеет форму прямоугольника со сторонами 0,1 м и 0,2 м. Определите момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс пластины параллельно меньшей стороне.

Задача 5. Цилиндрическая муфта имеет массу 0,2 кг, внутренний радиус 0,03 м, внешний 0,05 м. Определите момент инерции муфты относительно оси, совпадающей с осью симметрии.

Задача 6. Полый шар имеет массу 0,5 кг. Внешний радиус шара 0,08 м, внутренний 0,06 м. Определите момент инерции шара относительно оси, проходящей через их общий центр.

Задача 7. Медный диск радиусом 0,1 м и толщиной 1 мм имеет шесть вырезов радиусами 0,02 м. Центры вырезов находятся на окружности, проведенной из центра диска радиуса 0,06 м на равных расстояниях друг от друга. Определите момент инерции диска относительно оси, проходящей через центр диска, перпендикулярно его плоскости.

Задача 8. Два шара из разного материала с радиусами 5 см и 10 см закреплены на концах тонкого стержня, масса которого значительно меньше массы каждого из шаров. Масса меньшего шара 1 кг, большего шара 2 кг. Расстояние между поверхностями шаров 0,5 м. Определите момент инерции системы относительно оси, проходящей через середину стержня, перпендикулярно его длине, считая шары материальными точками.

Задача 9. Два шара из разного материала с радиусами 5 см и 10 см закреплены на концах тонкого стержня, масса которого значительно меньше массы каждого из шаров. Масса меньшего шара 1 кг, большего шара 2 кг. Расстояние между поверхностями шаров 0,5 м. Определите момент инерции системы относительно оси, проходящей через середину стержня, перпендикулярно его длине, не пренебрегая размерами шаров.

Задача 10. Два шара из разного материала с радиусами 5 см и 10 см закреплены на концах тонкого стержня, масса которого значительно меньше массы каждого из шаров. Масса меньшего шара 1 кг, большего шара 2 кг. Расстояние между поверхностями шаров 0,5 м. Определите момент инерции системы относительно оси, перпендикулярной к стержню и проходящей через центр большого шара.

Задача 11. Два шара из разного материала с радиусами 5 см и 10 см закреплены на концах тонкого стержня, масса которого значительно меньше массы каждого из шаров. Масса меньшего шара 1 кг, большего шара 2 кг. Расстояние между поверхностями шаров 0,5 м. Определите момент инерции системы относительно оси, перпендикулярной к стержню и проходящей через центр масс системы.

Задача 12. На катушку радиусом r , вращающуюся с постоянной угловой скоростью, наматывается лента шириной a , плотностью ρ , толщиной b . Момент инерции катушки без ленты I_0 . Определите зависимость момента инерции катушки с лентой от времени, скорость изменения радиуса катушки со временем.

Задача 13. Сплошной шар массой 1 кг и радиусом 0,05 м вращается вокруг оси, проходящей через его центр. В точке, наиболее удаленной от оси вращения, на шар действует сила, касательная к поверхности. Угол поворота шара меняется по закону

$$\varphi = 2 + 2t - t^2.$$

Определите величину действующей силы, тормозящий момент, время равнозамедленного движения.

Задача 14. Через неподвижный блок, представляющий собой сплошной диск радиусом 4 см и массой 0,2 кг, переброшена легкая нерастяжимая нить, на

концах которой привязаны грузы массами 0,3 кг и 0,2 кг. При движении нить по блоку не скользит. Определите ускорение грузов, давление на ось блока.

Задача 15. Тело приводится во вращение вокруг горизонтальной оси с помощью падающего груза, привязанного к шнуру, предварительно намотанному на ось. Груз массой 2 кг в течении 6 с опускается на расстояние 2 м. Радиус оси 8 мм. Пренебрегая силой трения, определите момент инерции тела.

Задача 16. Однородный цилиндр, масса которого M и радиус R , вращается вокруг горизонтальной оси под действием груза массой m , прикрепленного к нити, намотанной на цилиндр. Определите угол поворота цилиндра в зависимости от времени.

Задача 17. На одной из чашек весов укреплен блок радиуса R , способный вращаться относительно горизонтальной оси. На блок намотана нить с грузом, масса которого m . Момент инерции блока I . Весы уравновешены, когда нить закреплена, и груз не опускается. На какую чашку весов, и какой величины следует положить перегрузок для возобновления равновесия, если груз опускается вниз?

Задача 18. К ободу однородного диска радиусом 0,2 м приложена тангенциальная сила 100 Н. При вращении на диск действует сила трения, момент которой 5 Нм. Определите массу диска, если известно, что он вращается с постоянным угловым ускорением 100 с^{-2} .

Задача 19. На ступенчатый вал, радиусы которого 0,3 и 0,1 м, намотаны в противоположных направлениях нити. К концам нитей привязаны грузы массой 1 кг каждый. Момент инерции вала $0,3 \text{ кг м}^2$. Пренебрегая силой трения, определите ускорение грузов, натяжение нитей.

Задача 20. С какой силой следует прижать тормозную колодку к колесу, делающему $n = 30 \text{ об/с}$. Для его остановки в течение $t = 20 \text{ с}$. Если масса колеса распределена по ободу и равна $m = 10 \text{ кг}$. Диаметр колеса $d = 20 \text{ см}$? Коэффициент трения между колодкой и ободом колеса $\mu = 0,5$.

Задача 21. Маховик в форме сплошного диска имеет массу 50 кг и радиус 0,2 м. Он раскручен до 8 об/с и затем предоставлен самому себе. Под влиянием силы трения, приложенной по касательной к ободу, маховик останавливается. Определите силу трения, считая её постоянной, если маховик останавливается через 50 с, маховик до полной остановки сделал 200 оборотов.

Задача 22. С наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол 30 градусов, скатываются шар, диск и обруч. Длина наклонной плоскости 4 м. Пренебрегая трением, определите линейные ускорения движения центров массы

скатывающихся тел, время скатывания каждого тела, скорость каждого тела в конце наклонной плоскости.

Задача 23. Шар и цилиндр одинаковых масс и радиусов движутся с одинаковой линейной скоростью по горизонтальной плоскости, а затем вкатываются вверх по наклонной плоскости. Определите отношение высот подъема.

Задача 24. Веревка массой 5 кг и длиной 10 м переброшена через небольшой блок (сплошной диск) массой 2 кг. В начальный момент веревка висит симметрично и покоится, а затем в результате незначительного толчка движется без скольжения по блоку. Трение в блоке очень мало. Определите скорость, веревки, когда она сойдет с блока, время движения веревки по блоку.

Задача 25. Маховик, масса которого 200 кг распределена по ободу диаметром 1 м, увеличивает число оборотов от 0 до 2 об/с в течение 10 с. Пренебрегая трением, определите энергию, сообщенную маховику, момент силы, действующий на маховик, момент импульса относительно оси вращения через 10 с после начала движения.

Задача 26. Два маленьких шарика с массами 0,1 кг и 0,2 кг соединены легким стержнем. Расстояние между центрами масс шариков 0,9 м. Система начинает вращаться с постоянным угловым ускорением $0,5 \text{ с}^{-2}$ относительно оси, перпендикулярной к стержню и проходящей через центр массы. Определите момент импульса, и момент силы через 10 с после начала движения, работу, совершенную за это время.

Задача 27. По окружности шкива радиуса r , скрепленного с валом махового колеса, намотана нить, к концу которой прикреплена гиря массой m . Гиря в течение времени t спустилась на расстояние h , и нить оборвалась. Вал после прекращения действия силы совершил до остановки n оборотов. Определите момент инерции системы.

Задача 28. Тело приводят во вращение вокруг горизонтальной оси с помощью падающего груза, привязанного к шнуру. Шнур намотан на вал радиусом R . Груз массой m опускается за время t на расстояние h_1 , а затем вследствие вращения тела поднимается на высоту h_2 . Определите момент инерции тела.

Задача 29. Однородный тонкий тяжелый стержень, длина которого L , висит на горизонтальной оси, проходящей через один из концов. Стержень отклонили от положения равновесия на угол α и отпустили. Определите линейные скорости конца стержня и центра массы при прохождении через положение равновесия.

Задача 30. Тело цилиндрической формы массой m и радиусом r скатывается без скольжения по наклонной плоскости длиной L и углом наклона α . Скорость центра массы тела в конце наклонной плоскости v . Определите момент инерции тела относительно оси симметрии, силу трения сцепления с плоскостью, момент силы трения качения.

Задача 31. На двух параллельных горизонтальных брусках лежит полый цилиндр массой M , на который намотан шнур. К опущенному концу шнура привязан груз массой m . Внешний радиус цилиндра R , внутренний – r . Ось цилиндра перпендикулярна брускам, центр его тяжести и спускающийся шнур лежат в вертикальной плоскости, проходящей посередине между брусками. Определите горизонтальное ускорение центра массы цилиндра, минимальное значение коэффициента трения сцепления между цилиндром и брусками, при котором происходит качение без скольжения.

Задача 32. Человек стоит на неподвижной скамейке Жуковского и ловит мяч массой $0,3$ кг, летящий в горизонтальном направлении на расстоянии 60 см от вертикальной оси вращения скамейки. После этого скамейка стала поворачиваться с угловой скоростью 1 с^{-1} . Момент инерции человека и скамейки 6 кг м^2 . Определите скорость мяча.

Задача 33. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом 2 м, массой 200 кг, стоит человек, масса которого 60 кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через её центр. Пренебрегая трением, определите угловую скорость вращения платформы, если человек будет идти вдоль её края со скоростью 1 м/с относительно платформы, угол поворота платформы, если человек, обойдя её по краю, вернется в исходную точку, угловую скорость вращения платформы, если человек перейдет по радиусу платформы от края к центру. Момент инерции человека рассчитайте как для материальной точки.

Задача 34. В центре скамейки Жуковского стоит человек и держит в руках металлический стержень, расположенный вертикально по оси вращения скамейки. При этом скамейка вращается с угловой скоростью 4 с^{-1} . Момент инерции человека и скамейки 6 кг м^2 . Длина стержня $1,5$ м, его масса 8 кг. Определите число оборотов скамейки в 1 с, если ось вращения скамейки проходит через середину стержня, и человек повернет стержень в горизонтальное положение, на угол 30 градусов от вертикали, работу, совершенную человеком в том и другом случае.

§ 6. Неинерциальная система отсчета.

Задача 1. На плоскости с углом наклона α лежит тело. Определите наименьший коэффициент трения между телом и наклонной плоскостью при отсут-

ствии скольжения тела, если плоскость движется вправо равномерно, равноускоренно, равнозамедленно.

Задача 2. Горизонтально расположенный диск вращается около вертикальной оси, проходящей через центр. На расстоянии 5 см от оси вращения лежит груз. Определите коэффициент трения между телом и диском, если при угловой скорости 4 с^{-1} груз начинает скользить по поверхности диска, вид траектории, по которой движется груз до края диска.

Задача 3. Мотоциклист описывает на горизонтальной поверхности дугу радиусом 50 м. Коэффициент трения скольжения 0,4. Определите максимальную скорость мотоциклиста, угол отклонения его от вертикали, максимальную скорость мотоциклиста при переходе на трек с углом наклона к горизонту 30 градусов.

Задача 4. Внутри вертикально расположенного конуса с углом при вершине 60 градусов находится небольшое плоское тело. Коэффициент трения между телом и поверхностью конуса 0,3. Конус вращается вокруг оси симметрии с угловой скоростью 6 с^{-1} . Определите расстояние от вершины конуса, на котором остановится тело, как изменится это расстояние, если вращающийся конус начнет поднимать вверх с ускорением 1 м/с^2 .

Задача 5. На нити длиной 0,5 м подвешен шарик массой 100 г. Нить привязана к штативу, укрепленному на тележке. При движении тележки нить отклонилась от вертикали на угол 30 градусов. Определите направление и характер движения тележки относительно Земли, натяжение нити, характер движения шарика, получившего небольшой толчок, относительно наблюдателя, находящегося на тележке, период колебаний шарика.

Задача 6. Тело массой 1000 кг находится на экваторе. Определите, на сколько изменится сила, действующая на поверхность Земли, если тело, движущееся с востока на запад с постоянной скоростью 20 м/с, изменит направление движения на противоположное.

Задача 7. Тело массой m находится на Земле, на широте φ . Определите вертикальную и горизонтальную составляющие силы, действующей на тело, если тело неподвижно, движется по параллели с запада на восток с постоянной скоростью v , движется по меридиану с юга на запад с той же скоростью.

Задача 8. Тело находится на Земле, на широте 60 градусов. Определите минимальную скорость, с которой должно двигаться тело по параллели, чтобы его давление на Землю уменьшилось на 0,001 от силы тяжести.

Задача 9. На широте 60 градусов производится выстрел. Ствол ружья расположен в плоскости меридиана и в момент выстрела направлен на юг. Начальная скорость пули 500 м/с. Определите величину и направление поперечного смещения пули за первую секунду её полета, считая скорость пули постоянной.

Задача 10. На широте Москвы с высоты 500 м уронили тело. Определите насколько в момент приземления отклонится тело от земного радиуса, продолженного до начального положения тела, сравните полученное отклонение с отклонением тела, упавшего с такой же высоты на экваторе. При расчете не учитывайте изменение ускорения свободного падения с изменением высоты.

§ 7. Механика жидкостей и газов.

Задача 1. В цилиндрический сосуд налиты одинаковые массы воды и ртути. Общая высота двух слоев жидкости 58 см. Определите давление на дно сосуда. Как изменится это давление, если в воду опустить деревянный шарик?

Задача 2. Две трубки диаметром 4 см соединены в нижней части короткой трубкой небольшого диаметра. В одну трубку наливают 0,5 л воды, в другую – 0,5 л керосина. Определите высоту жидкостей в обеих трубках (объемом соединительной трубки пренебречь).

Задача 3. Для определения количества меди и серебра в сплаве его взвешивают на рычажных весах. При взвешивании в воздухе весы показывают 245,6 г, а при погружении сплава в воду – 221,6 г. Сколько граммов меди и серебра в сплаве?

Задача 4. На два деревянных бревна диаметрами D и d , длиной L каждое положен деревянный настил шириной b и весом Q так, что он имеет консоли по обоим сторонам, равные H . Какой величины и где следует положить добавочный груз, чтобы настил держался горизонтально, и только бревна были бы погружены в воду?

Задача 5. В цилиндрическом сосуде с водой плавает брусок высотой L и сечением S_1 . Действуя на верхнюю грань бруска силой, его медленно опускают на дно сосуда. Сечение сосуда $S = 2S_1$, начальная высота воды в сосуде L , плотность материала бруска ρ в два раза меньше плотности воды. Какая работа совершена при опускании бруска?

Задача 6. Прямоугольный сосуд с отверстием в дне укреплен на легкой тележке, движущейся горизонтально. Отверстие находится на расстоянии $l/3$ от стенки. Масса сосуда с тележкой M . Высота сосуда b , длина l , площадь основания S . С какой силой и в каком направлении надо действовать на тележку,

чтобы в сосуде осталось максимальное количество воды? Трение отсутствует.

Задача 7. В середине дна цилиндрического ведра имеется небольшое отверстие, сквозь которое вытекает вода. Уровень воды в ведре на 0,3 м выше дна. Площадь дна $0,125 \text{ м}^2$, площадь отверстия $0,025 \text{ м}^2$. Сколько времени понадобится для полного вытекания воды через отверстие в следующих случаях, ведро неподвижно, ведро равномерно поднимается, ведро движется с ускорением 120 см/с^2 вниз, ведро движется с тем же ускорением в горизонтальном направлении.

Задача 8. Горизонтальный цилиндр насоса имеет диаметр 20 см. В нем движется поршень со скоростью 1 м/с, выталкивая воду через отверстие диаметром 2 см. Определите скорость вытекания воды, давление воды в цилиндре насоса.

Задача 9. Определите максимальное давление ветра на вертикальную стенку, если ветер дует перпендикулярно стене со скоростью 20 м/с.

Задача 10. Схема пульверизатора. Добавочное давление перед входом в горизонтальную трубку, где скорость очень мала, равно $0,0012 \text{ Н/м}^2$. Определите максимальную высоту, на которую пульверизатор может засасывать спирт из сосуда. Вязкостью воздуха пренебречь.

Задача 11. Схема водомера. По горизонтальной трубе переменного сечения протекает вода. Сечения горизонтальной трубы у основания трубок S_1 и S_2 . Определите расход воды по разности уровней воды в двух манометрических трубках. Вязкостью воды пренебрегите.

Задача 12. На легкой тележке стоит широкий цилиндрический сосуд, наполненный водой. Высота воды в сосуде 1 м. С противоположных сторон сосуда сделаны два отверстия, на высоте 25 см с площадью $0,5 \text{ см}^2$ и на высоте 75 см над дном сосуда с площадью 1 см^2 . Какую силу, и в каком направлении нужно приложить к тележке, чтобы при открытых отверстиях она оставалась в покое?

Задача 13. Определить силу, которая вырывает из бака сливную трубу. Поперечное сечение струи 4 см^2 , высота уровня жидкости над отверстием трубы 1,2 м.

Задача 14. Схема установки, демонстрирующая течение вязкой жидкости по горизонтальной трубе. Манометрические трубки впаяны в трубу на равных расстояниях 10 см. Высота уровня жидкости в широком сосуде 26 см. Прямая, проведенная через уровни жидкости в манометрических трубках, обра-

зует с горизонтальной трубой угол 30 градусов. Определите скорость вытекания жидкости.

Задача 15. В трубопроводе происходит плавное изменение площади поперечного сечения от S_1 к S_2 ($S_2 > S_1$). В каком сечении число Рейнольдса будет большим?

Задача 16. По трубопроводу диаметром 203 мм перекачивается 100 л/с мазута, кинематическая вязкость которого постепенно увеличивается вследствие остывания. Определить, при каком значении вязкости в трубе начнется турбулентное движение.

Задача 17. На каком расстоянии от оси трубы радиуса R следует установить, трубку Пито в вязкой жидкости, чтобы в ламинарном потоке измерять среднюю скорость? Скорость по диаметру трубы меняется по закону

$$v = \frac{1}{4\eta} \left(-\frac{\Delta p}{\Delta l}\right) (R^2 - x^2).$$

Задача 18. Трубка Пито, установлена по оси газопровода диаметром d . Разность уровней в спиртовом манометре Δh , плотность спирта ρ_c , плотность газа ρ . Определите объемный расход газа в л с.

Задача 19. Определить массу нефти, проходящую через самотечный нефтепровод диаметром 20 см, длиной 10 км. Кинематическая вязкость нефти и плотность известна. Начало нефтепровода лежит выше его конца на 5 м.

§ 8. Упругие деформации.

Задача 1. На проволоке длиной l висит груз P . Проволоку сложили вдвое и повесили тот же груз. Сравните абсолютное и относительное удлинение.

Задача 2. Какой наибольший груз может нести железный стержень сечением $6,3 \text{ см}^2$, не давая остаточной деформации, если нужен двойной запас прочности.

Задача 3. Стальной канат, выдерживающий вес неподвижной кабины лифта, имеет диаметр 8 мм. Лифт во время работы при внезапной остановке получает ускорение $8g$. Определите, сколько таких канатов следует соединить параллельно при установке лифта.

Задача 4. Тонкое свинцовое кольцо вращается относительно неподвижной оси, проходящей через центр массы, перпендикулярно плоскости кольца. Определите максимальное значение линейной скорости при вращении.

Задача 5. Определите наименьшую толщину стенок стеклянной цилиндрической трубки, если давление внутри трубки может увеличиваться до p_b , не вызывая разрушения. Внешнее давление p_0 , внутренний диаметр d .

Задача 6. Чему равно относительное удлинение проволоки из меди, подвешенной за конец? Чему равно при этом относительное изменение объема проволоки? При какой длине проволока разорвется под действием силы тяжести?

Задача 7. Относительное изменение объема при продольной деформации стержня равно нулю. Определите коэффициент Пуассона материала стержня.

Задача 8. Верхний конец проволоки закреплен, к нижнему концу подвешен груз массой m , под действием которого проволока удлинится на величину L . Определите изменение потенциальной энергии проволоки и груза. Согласуйте полученный результат с законом сохранения энергии.

Задача 9. Стальной стержень массой 4 кг растянули на 0,001 своей первоначальной длины. Определите потенциальную энергию деформированного стержня.

Задача 10. На горизонтальной поверхности закрепили нижнее основание вертикальной цилиндрической пружины. Недеформированная пружина имеет длину 20 см. Сила в 2 Н уменьшает её длину на 1 см. На верхнее основание пружины положили шарик массой 30 г. Сжав пружину до 10 см, её связали нитью. Определите высоту поднятия шарика при пережигании нити.

Задача 11. Человек, спокойно стоящий на натянутой сетке, прогибает её на 10 см. Во сколько раз наибольшая сила, прижимающая человека к сетке, больше веса, если человек падает на сетку с высоты 5 м?

Задача 12. На резиновую нить длиной 80 см подвешен свинцовый шарик. Шарик отклоняют на угол 90 градусов, не натягивая нити, и отпускают. При прохождении шарика через положение равновесия длина нити увеличивается на 10 см. Определите наибольшую скорость шарика.

Задача 13. Верхний конец металлического стержня закреплен. К нижнему приложена пара сил с моментом M . Угол закручивания стержня φ . Определите постоянную кручения, потенциальную энергию деформированного стержня.

Задача 14. Нижнее основание железного цилиндра закреплено. Высота цилиндра 20 см, диаметр 20 см. На верхнее основание цилиндра параллельно основанию действует сила 19600 Н. Определите угол сдвига, потенциальную

энергию деформированного цилиндра, смещение верхнего основания цилиндра.

§ 9. Динамика механических колебаний.

Задача 1. Записать закон движения гармонически колеблющейся точки с амплитудой 10 см, периодом 4 с и начальной фазой, равной нулю.

Задача 2. Закон движения гармонического колебания имеет вид $x = A \sin(\omega t + \varphi)$. Определить скорость колеблющейся точки, её ускорение. При каком условии скорость и ускорение будут иметь максимальные значения?

Задача 3. Записать выражение для закона движения гармонически колеблющейся точки с амплитудой 5 см, если в одну минуту она совершала 150 колебаний и начальная фаза колебаний равна 45° .

Задача 4. Начертить на одном графике кривые четырех гармонических колебаний точек с одинаковыми амплитудами, одинаковыми периодами, но имеющими разность фаз $\pi/4$, $\pi/2$, π , 2π ?

Задача 5. Определить максимальные значения скорости и ускорения точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 3 см и циклической частотой $\omega = \pi/2 \text{ с}^{-1}$.

Задача 6. Точка одновременно совершает два гармонических колебания, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях и выражаемых уравнениями $x = 0,5 \sin(\omega t)$ см и $y = 2 \cos(\omega t)$ см. Найти уравнение траектории и построить её.

Задача 7. Точка совершает гармонические колебания с частотой 10 Гц. В момент, принятый за начальный, точка имела максимальное смещение 1 мм. Написать уравнение колебаний точки и начертить график.

Задача 8. Материальная точка массой 20 г совершает гармонические колебания с периодом 9 с. Начальная фаза колебаний 10° градусов. Через сколько времени от начала движения смещение точки достигнет половины амплитуды? Найти амплитуду, максимальную скорость, ускорение точки, если полная энергия равна 0,01 Дж.

Задача 9. Складываются два колебания одинакового направления, выраженные уравнениями: $x_1 = A_1 \cos 2\pi/T(t+\tau_1)$ и $x_2 = A_2 \cos 2\pi/T(t+\tau_2)$, где $A_1 = 3$ см, $A_2 = 2$ см, $\tau_1 = 1/6$ с, $\tau_2 = 1/3$ с, $T = 2$ с. Построить векторную диаграмму сложения этих колебаний и написать уравнение результирующего колебания.

Задача 10. Уравнение гармонических колебаний некоторой точки задано уравнением $x(t) = A \cos(\omega(t+\tau))$, где $\omega = \pi$ рад/с, $\tau = 0,2$ с. Найти период колебаний и начальную фазу.

Задача 11. Зная уравнение колебательного движения материальной точки $x(t) = A \cos(\pi t + \varphi_0)$, амплитуду $A = 4$ см, определить начальную фазу колебаний, если смещение в начальный момент времени $x(0) = 2$ см. Найти скорость и ускорение для момента времени 1 с.

Задача 12. Точка перемещается по круговой траектории радиусом 0.1 м против хода часовой стрелки с периодом 6 с. Записать уравнение движения точки, найти для момента времени 1 с смещение, скорость и ускорение точки. В начальный момент времени $x(0) = 0$ см.

Задача 13. При нулевой начальной фазе гармонические колебания точки происходят таким образом, что наибольшее значение скорости достигает величины 10 см/с, а максимальное ускорение 100 см/с². Найти циклическую частоту, период и амплитуду.

Задача 14. Точка совершает колебания по закону $x = A \cos(\omega t + \varphi)$, $A = 2$ см, $\omega = \pi$ с⁻¹, $\varphi = \pi/4$ рад. Построить графики зависимости от времени смещения $x(t)$, скорости $v(t)$, ускорения $a(t)$.

Задача 15. Материальная точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаниях, уравнения которых: $x = A_1 \cos(\omega_1 t)$ и $y = A_2 \cos(\omega_2 t)$, где $A_1 = 1$ см, $A_2 = 2$ см, $\omega_1 = \pi$ с⁻¹, $\omega_2 = \pi/2$ с⁻¹. Определить траекторию точки.

Задача 16. Однородный диск радиусом 30 см колеблется около горизонтальной оси, проходящей через одну из образующих цилиндрической поверхности диска. Определить период колебаний этого физического маятника.

Задача 17. Твердое тело плотностью ρ , в виде параллелепипеда плавает в воде. Определить период малых колебаний тела после того как его сместили из положения равновесия. Высота параллелепипеда равна h .

Задача 18. Однородный диск массой 3 кг и радиусом 20 см скреплен с тонким стержнем, другой конец которого прикреплен неподвижно к потолку. Отношение приложенного вращательного момента сил к углу закручивания у стержня равно 6 Н м/рад. Определить частоту малых крутильных колебаний.

Задача 19. Через неподвижный блок представляющий собой сплошной цилиндр массой 8 кг и который может вращаться вокруг горизонтальной оси без трения, перекинута невесомая и нерастяжимая нить. К одному концу

нити прикреплена пружина жёсткостью 1000 Н/м к другому концу нити прикреплен груз массой 6 кг . Груз удерживается в положении, при котором пружина не растянута, второй конец пружины присоединен к горизонтальной поверхности (к полу). Найти закон движения груза после его освобождения. Проскальзывание нити по блоку отсутствует.

Задача 20. Тело массой 1 кг может без трения скользить по горизонтальной поверхности. Тело прикреплено одновременно (параллельно) к двум пружинам с жёсткостью 1000 Н/м и 800 Н/м . Определить максимальное значение скорости тела во время его малых собственных колебаний с амплитудой 1 см

Задача 21. Пуля массой 10 г летит горизонтально со скоростью 500 м/с и попадает в тело массой 5 кг , соединённое с горизонтальной пружиной. Тело вместе с застрявшей в ней пулей смещается из положения равновесия на 10 см . Записать уравнение возникших гармонических колебаний.

Задача 22. Материальная точка массой 1 кг , соединённая с горизонтальной пружиной колеблется гармонически с амплитудой 0.1 м . Период колебаний составляет 2 с . В начальный момент времени точка имеет максимальное смещение из положения статического равновесия. Определить величину кинетической и потенциальной энергии для момента времени $1,5 \text{ с}$.

Задача 23. Небольшое тело массой 1 кг соединённое с горизонтальной пружиной, совершает малые колебания с амплитудой 10 см , максимальное значение энергии достигает величины 50 Дж . Через какой промежуток времени смещение точки после начала движения достигнет половины амплитуды?

Задача 24. Ареометр совершает колебания в воде с периодом 2 с . Каков будет период колебаний при опускании ареометра в бензин с плотностью 730 кг/м^3 ?

Задача 25. Тело массой 1 кг может без трения скользить по горизонтальной поверхности. Тело прикреплено к двум пружинам с жёсткостью 1000 Н/м и 800 Н/м , пружины соединены последовательно. Определить максимальное значение скорости тела во время его малых собственных колебаний с амплитудой 1 см

Задача 26. Определить частоту малых колебаний тонкого однородного стержня массой 1 кг и длиной 1 м вокруг горизонтальной оси проходящей через верхний конец стержня, если нижний конец стержня присоединён к пружине жёсткостью 100 Н/м . В статическом положении стержень вертикален и пружина не деформирована.

Задача 27. На стержне длиной 30 см укреплены два одинаковых грузика, один в середине, другой - на одном из его концов. Стержень с грузиками колеблется около горизонтальной оси, проходящей через свободный конец стержня. Определить период колебаний такой системы. Массой стержня пренебречь.

Задача 28. Частица массой 0,01 кг совершает гармонические колебания с периодом 2 с. Полная энергия колеблющейся частицы 0,1 мДж. Определить амплитуду колебаний и наибольшее значение силы действующей на частицу.

Задача 29. Материальная точка массой 0,1 кг совершает гармонические колебания при нулевой начальной фазе с периодом 10 с. За какое время с момента начала движения точка сместится на половину амплитуды 0,2 м. Какой кинетической энергией будет обладать точка?

Задача 30. Записать уравнение гармонических колебаний, если известно, что максимальное значение кинетической энергии 1 мкДж, максимальная возвращающая сила 1 мН, период колебаний 1 с и начальная фаза $\pi/4$.

Задача 31. Амплитуда затухающих колебаний математического маятника за время 5 мин уменьшилась в два раза. За какое время, считая от начального момента, амплитуда уменьшится в восемь раз?

Задача 32. Определить период затухающих колебаний, если период собственных колебаний системы без потерь равен 1 с, а логарифмический декремент составляет 0,628.

Задача 33. При затухающих колебаниях за время 0,25 Т смещение тела составило 4,5 см, период колебаний 8 с, логарифмический декремент 0,8, начальная фаза равна нулю. Записать уравнение затухающих колебаний и представить его графически.

Задача 34. Математический маятник в течение 120 с уменьшил амплитуду колебаний в 4 раза. Определить величину логарифмического декремента, если длина нити маятника составляет 2,28 м.

Задача 35. Математический маятник длиной 1,09 м колеблется в вязкой среде с коэффициентом затухания 0,3. Во сколько раз должен возрасти коэффициент затухания, чтобы гармонические колебания оказались невозможными?

Задача 36. Колебания некой точки происходят в соответствии с уравнением $x(t) = 100 \exp(-0,01t) \cos(8\pi t)$. Определить амплитуду после того, как будут выполнены 100 полных колебаний.

Задача 37. Математический маятник длиной 2 м колеблется в среде с логарифмическим декрементом 0,01, так что энергия колебаний уменьшилась в 10 раз. Какое время прошло при этом с момента начала колебаний?

Задача 38. Тело массой 1 кг находится в вязкой среде с коэффициентом сопротивления 0,05 кг/с. Тело соединено с двумя одинаковыми недеформированными пружинами жесткостью 50 Н/м. Определить логарифмический декремент при возникновении малых колебаний, период колебаний и коэффициент затухания.

Задача 39. Логарифмический декремент затухания маятника равен 0,003. Определить число полных колебаний, которые совершит маятник при уменьшении амплитуды в два раза.

Задача 40. Задано уравнение затухающих колебаний точки $x(t) = 10 \exp(-0,1t) \sin(\pi t/3)$. Найти зависимость скорости движения точки от времени, и представить её графически.

Задача 41. Математический маятник колеблется в среде, обеспечивающей величину логарифмического декремента 0,5. Во сколько раз уменьшится амплитуда колебаний по истечении одного полного периода колебаний.

Задача 42. Математический маятник колеблется в среде с коэффициентом затухания 0,045. Определить время в течении которого амплитуда колебаний уменьшится в 10 раз.

Задача 43. Амплитуда затухающих колебаний за время 100 с уменьшилась в 20 раз. Во сколько раз амплитуда уменьшится за время 200 с?

Задача 44. Математический маятник длиной 2 м, колеблющийся в среде с потерями, за время 10 мин потерял 50% своей энергии. Определить логарифмический декремент затухания.

Задача 45. Определить число полных колебаний, в течение которых энергия системы уменьшилась в два раза. Логарифмический декремент колебаний равен 0,01.

Задача 46. Тело массой 5 кг совершает гармонические затухающие колебания. За первые 50 с колебаний тело теряет 60% своей первоначальной энергии. Определите коэффициент сопротивления среды.

Задача 47. Тепловоз массой $1,6 \cdot 10^5$ кг имеет четыре рессоры жесткостью каждой, из которых равна 500 кН/м. При какой скорости равномерного движения

тепловоз будет наиболее сильно раскачиваться в направлении вертикальной оси, если расстояние между стыками рельс 12,8 м.

Задача 48. Через ручей переброшена длинная упругая доска. Когда девочка стоит посередине доски она прогибается на расстояние 10 см. Когда же она переходит ручей по доске со скоростью 3,6 км/ч, то доска начинает раскачиваться в вертикальном направлении. Определить длину шага, при котором возникает вероятность падения девочки в воду.

Задача 49. Определить через какой промежуток времени установятся вынужденные колебания в системе с добротностью 10^6 при частоте собственных колебаний 5 крад/с в результате воздействия внешней возбуждающей периодической силы.

Задача 50. Определить на сколько герц резонансная частота отличается от частоты собственных колебаний системы 1 кГц, характеризуемой затуханием 400 с^{-1} .

Задача 51. Период собственных колебаний пружинного маятника равен 0,55 с. При погружении маятника в вязкую жидкость период стал равным 0,56 с. Найти резонансную частоту колебаний.

Задача 52. Колебательная система совершает вынужденные колебания в среде с коэффициентом сопротивления 10^{-3} кг/м. Считая сопротивление малым определить амплитудное значение возмущающей силы, если на резонансе амплитуда колебаний составила $5 \cdot 10^{-3}$ м, собственная частота колебаний системы составляет 10 Гц.

Задача 53. Упругая балка, на которой установлен двигатель, прогнулась под его весом на 1 мм. Определить частоту вращения двигателя, при которой может возникнуть опасность резонанса.

Задача 54. На осциллятор массы m без затухания с собственной частотой ω_0 действует периодическая вынуждающая сила $F(t) = F_0 \cos \omega t$. При каких начальных условиях будут протекать только вынужденные колебания? Найти закон изменения смещения $x(t)$.

Задача 55. Определить разность фаз между смещением и вынуждающей силой на резонансе смещения, если собственная частота колебаний равна 50 рад/с, коэффициент затухания $5,2 \text{ с}^{-1}$.

Задача 56. Автомобиль массой 1000 кг проходит испытания на устойчивость к переменным нагрузкам, для чего сзади он соединен с упругим элементом жесткостью 0,7 МН/м. К автомобилю спереди прикладывают гармоническую

силу $F(t) = 10^5 \sin 15t$. Определить, пренебрегая сопротивлением воздуха и силами трения уравнение движения автомобиля.

Задача 57. К пружине жёсткостью 10 Н/м подвешено тело массой 0,1 кг. Тело совершает вынужденные колебания в среде, обладающей сопротивлением 0,02 кг/с. Найти коэффициент затухания, амплитуду резонансных колебаний, если амплитуда возмущающей силы равно 0,01 Н.

Задача 58. Частота собственных колебаний системы 100 Гц, резонансная частота 99 Гц. Найти добротность этой колебательной системы.

§ 10. Волны в упругих средах. Акустика.

Задача 1. Скорость звука в воде 1450 м/с. Источник колебаний, находящийся в воде, имеет частоту 200 Гц. Определите длину звуковой волны в воде, расстояние между ближайшими точками, совершающими колебания в противоположных фазах, разность фаз двух точек, находящихся на расстоянии 1 м.

Задача 2. Механические колебания частотой 400 Гц и амплитудой смещения 0,25 мм распространяются в воздухе при нулевой температуре вдоль цилиндрической трубы. Определите уравнение волны смещения, длину волны, максимальную скорость частицы воздуха, среднюю плотность энергии, плотность потока энергии.

Задача 3. Смещение материальной точки, находящейся в воздухе, описывается уравнением $x = 2 \cos 2\pi t$ см. Считая среду, в которой распространяются колебания, безграничной и не поглощающей энергии. Определите смещение от положения равновесия точки среды, находящейся на расстоянии 40 м от источника, через 1 сек после начала колебаний; разность фаз между источником волн и этой точкой среды; отношение интенсивностей волн на расстояниях 10 м и 40 м от источника колебаний.

Задача 4. Задано уравнение плоской бегущей волны $\xi(x, t) = 5 \cdot 10^{-3} \cos(628t - 2x)$. Найти частоту колебаний частиц среды, длину волны, фазовую скорость распространения волны, амплитудное значение скорости и ускорения.

Задача 5. Вычислить скорость распространения продольных акустических волн в алюминии, латуни, никеле, серебре, и органическом стекле.

Задача 6. Услышав, пришедший сверху звук пролетающего самолёта, наблюдатель обнаружил его визуально под углом 45 градусов к горизонту. Определить скорость самолёта и расстояние до него, если звук распространялся в течение 2 с.

Задача 7. Определить длину бегущей волны, если в стоячей волне расстояние между первой и восьмой пучностями составляет 0,15 м.

Задача 8. Мимо неподвижного наблюдателя проходит электропоезд. При приближении электропоезда наблюдатель воспринимает кажущуюся частоту сирены 1100 Гц, а при удалении 900 Гц. Определить скорость электропоезда и истинную частоту излучаемого звука.

Задача 9. Интенсивность акустических волн равна 10^{-10} Вт/м² и 10^{-3} Вт/м². Определить уровень акустической мощности в децибелах.

Задача 10. На скоростном загородном шоссе сближаются два автомобиля со скоростями 30 м/с и 20 м/с. Первый автомобиль подаёт сигнал на частоте 600 Гц. Чему равна кажущаяся частота звука воспринимаемого водителем второй машины во время сближения и удаления? Скорость звука принять равной 332 м/с.

Задача 11. Плоская упругая волна генерируется источником колебаний с частотой 200 Гц с амплитудным значением смещения 4 мм. Записать уравнение колебаний среды для случая $\xi(0, t)$, если в начальный момент времени смещение максимально. Определить смещение точек среды через время 0.1 с на удалении от источника 1 м, принимая скорость распространения волнового движения 300 м/с.

Задача 12. Звуковые колебания распространяются в азоте при температуре 300 К. Определить скорость звука.

Задача 13. Из корабельного орудия, установленного на максимальную дальность стрельбы, вылетает снаряд с начальной скоростью 500 м/с и поражает надводную цель. Через какой промежуток времени канониры услышат звук взрыва, если движение снаряда в воздухе происходит с малым сопротивлением.

Задача 14. Определить длину бегущей волны, если в стоячей волне расстояние между первым и четвертым узлом составляет 0,15 м.

Задача 15. В момент прохождения электропоезда мимо неподвижного наблюдателя он воспринимает скачкообразное изменение тональности сирены локомотива. Определить относительное изменение частоты, если скорость поезда равна 15 м/с.

Задача 16. Пройдя через звукоизолирующую конструкцию, акустическая волна уменьшила уровень своей интенсивности на 30 дБ. Во сколько раз при этом уменьшилась интенсивность звука.

Задача 17. На скоростном загородном шоссе сближаются два автомобиля со скоростями 30 м/с и 20 м/с. Первый автомобиль подаёт сигнал на частоте 600 Гц. Чему равна кажущаяся частота звука воспринимаемого водителем второй машины во время сближения и удаления? Скорость звука принять равной 332 м/с.

§ 11. Варианты контрольных аудиторных работ.

Вариант 1

Задача 1. Зависимость пройденного пути от времени имеет вид $S=A+B\cdot t+C\cdot t^2+D\cdot t^3$, где $C=0.14 \text{ м/с}^2$ и $D=0.01 \text{ м/с}^2$. Через какое время тело будет иметь ускорение 1 м/с^2 ?

Задача 2. Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости 20 рад/с через 10 оборотов после начала вращения. Найти угловое ускорение колеса.

Задача 3. Две гири массами 2 кг и 1 кг соединены нитью и перекинута через невесомый блок. Найти ускорение гирь и силу натяжения нити. Трения нет.

Задача 4. Человек, стоящий на неподвижной тележке, бросает в горизонтальном направлении камень массой 2 кг. Тележка с человеком покатилась назад, и в момент бросания ее скорость равна 0.1 м/с . Масса тележки с человеком 100 кг. Найти кинетическую энергию брошенного камня через 0.5 с после начала движения.

Задача 5. К ободу однородного диска радиусом 0.2 м приложена касательная сила 100 Н. При вращении на диск действует момент сил трения 98 Н·м. Найти массу диска если он вращается с угловым ускорением 100 рад/с^2 .

Вариант 2

Задача 1. Модуль скорости частицы меняется со временем по закону $v = ft + b$, где f и b положительные постоянные. Модуль ускорения $a = 3f$. Найти тангенциальное и нормальное ускорения, а также радиус кривизны траектории в зависимости от времени.

Задача 2. Однородный шар радиусом 20 см скатывается без скольжения с вершины сферы радиусом 50 см. Определите угловую скорость шара после отрыва от поверхности сферы.

Задача 3. На однородный сплошной цилиндр массы M и радиусом R плотно намотана легкая нить, к концу которой прикреплено тело массы m . Пренебрегая трением в оси цилиндра, найти зависимость от времени угловой скорости цилиндра.

Вариант 3

Задача 1. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = at - bt^3$, где a и b положительные постоянные. Найти значения модулей угловой скорости и углового ускорения.

Задача 2. Человек массой 60 кг, стоящий на краю горизонтальной платформы радиусом 1 м и массой 120 кг, вращающейся по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси с частотой 0.17 с⁻¹, переходит к ее центру. Определите работу, совершаемую человеком при переходе от края платформы к ее центру.

Задача 3. На однородный сплошной цилиндр массы M и радиусом R плотно намотана легкая нить, к концу которой прикреплено тело массы m . Пренебрегая трением в оси цилиндра, найти зависимость от времени кинетической энергии системы.

Вариант 4

Задача 1. Материальная точка движется в плоскости xy по закону: $x = at$, $y = bt - ct^2$, где a , b , c - константы. Найти в момент времени $t = 3$ сек: а) скорость и ускорение; б) уравнение траектории.

Задача 2. По горизонтальному столу может катиться без скольжения цилиндр массой m , на который намотана нить. Ко второму концу нити, переброшенному через легкий блок, подвешен груз той же массы. Система предоставлена самой себе. Найти ускорение груза и силу трения между цилиндром и столом.

Задача 3. На гладкой горизонтальной плоскости лежит однородный диск радиуса R . На него осторожно опустили другой такой же диск, предварительно сообщив ему угловую скорость ω . Через сколько времени оба диска будут вращаться с одной и той же угловой скоростью, если коэффициент трения между дисками равен k ?

Вариант 5

Задача 1. Частица движется в плоскости xy со скоростью $\mathbf{v} = a\mathbf{i} + b\mathbf{xj}$. В начальный момент частица находится в точке $\mathbf{x} = \mathbf{y} = \mathbf{0}$. Найти а) закон движения и ускорение; б) уравнение траектории.

Задача 2. Найти линейное ускорение центра масс шара, скатывающегося без скольжения с наклонной плоскости. Угол наклона плоскости 30 градусов, начальная скорость тела равна нулю. Сравнить найденное ускорение с ускорением тела, соскальзывающего с наклонной плоскости при отсутствии трения.

Задача 3. На гладкой горизонтальной плоскости лежит однородный диск радиуса R . На него осторожно опустили другой такой же диск, предварительно сообщив ему угловую скорость ω . Через сколько времени оба диска будут вращаться с одной и той же угловой скоростью, если коэффициент трения между дисками равен k ?

Вариант 6

Задача 1. Диск радиусом 5 см вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угловой скорости от времени задается уравнением $\omega = 2 A t + 5 B t^4$, ($A = 2, B = 1$). Определить для точек на ободе диска к концу первой секунды после начала движения: 1) полное ускорение; 2) число оборотов, сделанных диском.

Задача 2. Через неподвижный блок в виде однородного сплошного цилиндра массой 160 г перекинута невесомая нить, к концам которой подвешены грузы массами 200 г и 300 г. Пренебрегая трением в оси блока определить: 1) ускорение грузов; 2) силы натяжения нитей.

Задача 3. На гладкой горизонтальной плоскости лежит однородный диск радиуса R . На него осторожно опустили другой такой же диск, предварительно сообщив ему угловую скорость ω . Через сколько времени оба диска будут вращаться с одной и той же угловой скоростью, если коэффициент трения между дисками равен k ?

Вариант 7

Задача 1. Радиус-вектор частицы относительно начала координат изменяется со временем по закону $\vec{r} = 2t\vec{i} + 8t^2\vec{j}$. Определить модули скорости и ускорения частицы в момент времени 5 с, какова траектория частицы.

Задача 2. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону, $\varphi = at - bt^3$ где a и b положительные постоянные. Найти значения модулей угловой скорости и углового ускорения.

Задача 3. Через неподвижный блок в виде однородного сплошного цилиндра массой 160 г перекинута невесомая нить, к концам которой подвешены грузы массами 200 г и 300 г. Пренебрегая трением в оси блока определить ускорение грузов.

Задача 4. На нити длиной 50 см подвесили груз. Какую минимальную горизонтальную скорость надо ему сообщить, чтобы он сделал полный оборот в вертикальной плоскости.

Задача 5. К ободу однородного сплошного диска массой 10 кг, насаженного на ось, приложена постоянная касательная сила 30 Н. Определить кинетическую энергию через 4 с после начала действия силы.

Вариант 8

Задача № 1. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = t^3\vec{i} + 3t^2\vec{j}$. Определите модуль скорости и модуль ускорения.

Задача № 2. Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением $\varphi = At^2$. Определите к концу второй секунды после начала движения угловую скорость диска.

Задача № 3. С вершины клина, длина которого 2 м и высота 1 м, начинает скользить небольшое тело. Коэффициент трения между телом и клином 0,15. Определите ускорение, с которым движется тело.

Задача № 4. Пуля массой 15 г, летящая горизонтально со скоростью 200 м/с, попадает в баллистический маятник длиной 1 м и массой 1,5 кг и застревает в нем. Определите угол отклонения маятника.

Задача № 5. Найти линейное ускорение центра масс шара скатывающегося без скольжения с наклонной плоскости. Угол наклона плоскости 30° , начальная скорость равна нулю.

Вариант 9

Задача 1. В дне цилиндрического сосуда диаметром 0,5 м имеется круглое отверстие диаметром 1 см. Найти зависимость скорости понижения уровня воды в сосуде от высоты этого уровня. Найти значение этой скорости для высоты 0,2 м.

Задача 2. Диск вращается вокруг вертикальной оси с частотой 30 об/мин. На расстоянии 20 см от оси вращения на диске лежит тело. Каким должен быть коэффициент трения между телом и диском, чтобы тело не скатилось с диска?

Задача 3. Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его предельные размеры уменьшились в два раза?

Задача 4. К пружине подвешен груз массой 10 кг. Зная, что пружина под действием силы 9,8 Н растягивается на 1,5 см, найти период вертикальных колебаний груза.

Задача 5. Звуковые волны, имеющие частоту 500 Гц и амплитуду 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Найти скорость распространения волн и максимальную скорость частиц воздуха.

Вариант 10

Задача 1. Написать уравнение движения точки, движущейся равномерно по окружности радиуса R и делающей n оборотов за одну минуту.

Задача 2. Определить уравнение траектории, если точка движется согласно уравнениям

$$x = 2 + 5 \sin 2t, y = 3(1 + \cos 2t).$$

Задача 3. Найти скорость и ускорение точки, если она движется согласно уравнениям

$$x = 2l \cos^2 \frac{\omega t}{2}, y = l \sin \omega t.$$

Задача 4. Найти уравнение движения точки массы m , падающей без начальной скорости на Землю, сопротивление воздуха пропорционально скорости. Коэффициент пропорциональности равен k .

Задача 5. Тело весом P , привязанное к нити длиной L описывает окружность в горизонтальной плоскости. Определить угловую скорость тела.

Задача 6. Определить период свободных колебаний тела массой m , подвешенного на пружинке с коэффициентом жесткости k .

Задача 7. К вертикальной гладкой стене подвешен на тросе однородный шар. Трос составляет со стеной угол α , вес шара P . Определить натяжение троса.

Задача 8. Однородный стержень, длина которого L , а вес P , подвешен горизонтально на двух параллельных веревках. К стержню в точке на расстоянии $0,25 L$ подвешен груз весом Q . Определить натяжение веревок.

Вариант 11

Задача 1. На барабан массой 9 кг намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 2 кг. Найти ускорение груза. Барабан считать однородным цилиндром. Трением пренебречь.

Задача 2. Кинетическая энергия цилиндра, вращающегося с частотой 5 об/с, равна 60 Дж. Найти момент импульса вала.

Задача 3. Стальной шарик диаметром 1 мм падает с постоянной скоростью 0.2 см/с в большом сосуде, наполненном касторовым маслом. Найти динамическую вязкость касторового масла.

Задача 4. Диск вращается вокруг вертикальной оси с частотой 30 об/мин. На расстоянии 20 см от оси вращения на диске лежит тело. Каким должен быть коэффициент трения между телом и диском, чтобы тело не соскользнуло с диска.

Вариант 12

Задача 1. Движущееся тело имеет скорость $2,6 \cdot 10^8$ м/с, во сколько раз уменьшились его продольные размеры?

Задача 2. Груз, подвешенный на нити, равномерно вращается по окружности радиусом 30 см в горизонтальной плоскости с угловой скоростью 2 с^{-1} . На какой угол от вертикали будет при этом отклонена нить?

Задача 3. Рассчитайте третью космическую скорость, которую надо сообщить космическому кораблю, стартующему с Земли, чтобы он смог покинуть пределы Солнечной системы.

Задача 4. Тонкий стержень длиной 60 см висит на гвозде, вбитом в стенку, и совершает малые колебания. Найдите период колебаний этого физического маятника.

Задача 5. Определить скорость истечения идеальной жидкости из малого отверстия в боковой поверхности цилиндрического сосуда, если высота уровня жидкости над отверстием составляет 1,5 м.

Вариант 13

Задача 1. В дне цилиндрического сосуда диаметром 0,5 м имеется круглое отверстие диаметром 1 см. Найти зависимость скорости понижения уровня воды в сосуде от высоты этого уровня. Найти значение этой скорости для высоты 0,2 м.

Задача 2. Диск вращается вокруг вертикальной оси с частотой 30 об/мин. На расстоянии 20 см от оси вращения на диске лежит тело. Каким должен быть коэффициент трения между телом и диском, чтобы тело не скатилось с диска?

Задача 3. Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его предельные размеры уменьшились в два раза?

Задача 4. К пружине подвешен груз массой 10 кг. Зная, что пружина под действием силы 9,8 Н растягивается на 1.5 см, найти период вертикальных колебаний груза.

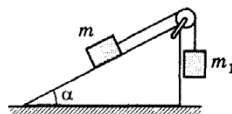
Задача 5. Звуковые волны, имеющие частоту 500 Гц и амплитуду 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Найти скорость распространения волн и максимальную скорость частиц воздуха.

Вариант 14

Задача 1. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\mathbf{r} = 2t^2\mathbf{i} + 3t^2\mathbf{j}$. Определить уравнение траектории, модуль скорости и модуль ускорения материальной точки в момент времени 4с.

Задача 2. Материальная точка вращается вокруг неподвижной оси так, что угол её поворота зависит от времени по закону $\varphi = 2t^2$. Найти угловую скорость и угловое ускорение материальной точки в момент времени 5 с.

Задача 3. На наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 60^\circ$ лежит брусок массой $m = 100$ г. Груз массой $m_1 = 300$ г присоединен к бруску при помощи нити, перекинутой через блок. Определить натяжение нити, если коэффициент трения бруска о плоскость $\mu = 0,2$. Массой блока и нити пренебречь.



Задача 4. На нити длиной 50 см подвесили груз. Какую минимальную горизонтальную скорость надо ему сообщить, чтобы он сделал полный оборот в вертикальной плоскости.

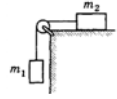
Задача 5. С наклонной плоскости скатывается без скольжения однородный диск. Найти ускорение диска. Если угол наклона плоскости к горизонту 30° , масса диска 500 г.

Вариант 15

Задача 1. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + 8t^2\mathbf{j}$. Определить уравнение траектории, модуль скорости и модуль ускорения материальной точки в момент времени 4с.

Задача 2. Материальная точка вращается вокруг неподвижной оси так, что угол её поворота зависит от времени по закону $\varphi = 4 + 3t + 2t^2$. Найти угловую скорость и угловое ускорение материальной точки в момент времени 5 с.

Задача 3. На горизонтальной плоскости лежит брусок массой $m_2 = 100$ г. Груз массой $m_1 = 300$ г присоединен к бруску при помощи нити, перекинутой через блок. Определить натяжение нити, если коэффициент трения бруска о плоскость $\mu = 0,2$. Массой блока и нити пренебречь.



Задача 4. На жестком тонком стержне длиной 50 см подвесили груз. Какую минимальную горизонтальную скорость надо ему сообщить, чтобы он сделал полный оборот в вертикальной плоскости.

Задача 5. С наклонной плоскости скатывается без скольжения однородный диск. Найти ускорение диска. Если угол наклона плоскости к горизонту 30° , масса диска 500 г.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

С. Н. Костенков

МЕХАНИКА

СБОРНИК
задач по общей физике

Авторская редакция

Отпечатано с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать 28.12.2020. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. 2,6.

Тираж 10 экз. Заказ № 2006.

Типография Издательского центра
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 2.
Тел. 68-57-18