

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

## **ФИЗИКА**

### **ЧАСТЬ 1**

### **МЕХАНИКА**

Методические указания с заданиями  
для контрольных работ

Новосибирск 2019

УДК 531/534 (075)  
ББК 22.2, Я 73  
Ф 503

Кафедра теоретической и прикладной физики

Составители: ст. преп. *И.М. Дзю*;

Рецензент: канд. техн. наук, доц. Матус Е.П. НГАСУ(Сибстрин)

**Физика ч1.: Механика:** метод. указания / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: И.М. Дзю. - Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – 35 с.

Издание включает методические указания по изучению дисциплины и задания к контрольным работам. При составлении заданий использованы материалы методических указаний Минвуза.

Предназначено для студентов всех направлений подготовки очной формы обучения.

Утверждено и рекомендовано к изданию методическим советом Инженерного института (протокол № от 28 мая 2019 г.)

## **ВВЕДЕНИЕ**

Физика является одной из тех наук, знание которой необходимо для успешного изучения общенаучных и специальных дисциплин. При изучении курса физики студенты должны прочно усвоить основные законы и теории, овладеть необходимыми приемами умственной деятельности, важным компонентом которой является умение решать задачи по физике.

Хорошо известно, что единственный способ научиться решать задачи – пытаться решать их самостоятельно. Знание теории приобретается одновременно с ее использованием для решения задач. Известный итальянский физик Энрико Ферми утверждал, что «знать физику – означает умение решать задачи». Другими словами, уровень подготовки по физике определяется уровнем сложности задач, которые студент может решить.

В издание включены задачи по кинематике и динамике поступательного движения, кинематике и динамике вращательного движения.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Учебная работа студента по изучению физики складывается из следующих элементов: прослушивание лекций, выполнение лабораторных работ, самостоятельное изучение дисциплины по учебным пособиям, выполнение контрольных работ, сдача зачетов и экзамена.

Самостоятельная работа является главным видом работы студента и на неё следует обратить особое внимание.

Рекомендуется изучать курс систематически, в течение всего учебного процесса. Изучение предмета в сжатые сроки перед экзаменом не даст глубоких и прочных знаний и никогда не приведет к положительным результатам. В самом начале изучения курса физики необходимо составить для себя график работы. Ознакомившись с программой и согласовав с ней материал учебника, следует распределить его по месяцам и начать регулярную проработку материала, стараясь жёстко соответствовать программе курса.

Только после изучения теории и решения тренировочных задач по каждому разделу студент приступает к выполнению контрольных работ.

При выполнении контрольных работ необходимо придерживаться следующих правил:

1. Контрольные работы выполняют в обычной школьной тетради, на обложке которой приводят сведения о студенте по следующему образцу:

<p style="text-align: center;"><b>Контрольная работа №1</b> <b>по физике</b></p> <p><b>Выполнил Иванов С.И.</b> <b>35.03.07 – Технология производства и переработки</b> <b>сельскохозяйственной продукции</b> <b>Курс 1</b> <b>Группа №</b> <b>Вариант №</b></p>
--

2. Контрольную работу выполняют ручками. На страницах тетради оставляют поля для замечаний преподавателя.

3. Условия задач должны быть переписаны полностью. Ниже столбиком выписывают все данные из условия и необходимые величины из справочных таблиц, а далее все операции выполняют в соответствии с требованиями (решению задач). Все записи должны быть аккуратными и выполнены разборчивым почерком.

4. Номер варианта для каждой контрольной работы соответствует порядковому номеру студента в списке группы.

# ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

## Вариант 1

1. Два одинаковых шара подвешены на нитях по  $0,98\text{ м}$  каждая и касаются друг друга. Один из шаров отклоняется на угол  $10^\circ$  и отпускается. Определить максимальную скорость второго шара после соударения, если удар абсолютно упругий.
2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = 10 - 4t + t^3$ . В какой момент времени угловая скорость вращения будет равна  $12\text{ с}^{-1}$ ? Определить тангенциальное ускорение при радиусе кривизны  $0,1\text{ м}$ .
3. Машина спускается с горы высотой  $100\text{ м}$  с выключенным мотором. Какую скорость она будет иметь у основания наклонной плоскости, если путь, пройденный ею, равен  $1000\text{ м}$ , а коэффициент трения колес о землю  $0,1$ .
4. Молот массой  $5\text{ кг}$  ударяет кусок железа, лежащий на наковальне массой  $100\text{ кг}$  (массой железа пренебречь). Удар неупругий. Определить к.п.д. молота, если полезной считать энергию, пошедшую на деформацию.
5. На концах тонкого однородного стержня длиной  $1\text{ м}$  и массой  $300\text{ г}$  прикреплены маленькие шарики массами  $100$  и  $200\text{ г}$ . Определить момент инерции относительно оси, проходящей через его середину.
6. Диск массой  $1\text{ кг}$  скатывается с наклонной плоскости высотой  $h$  практически без трения и, неупруго сталкиваясь у основания с неподвижным телом массой  $2\text{ кг}$ , скользит далее вместе с ним до полной остановки по горизонтальной поверхности с коэффициентом трения, равным  $0,1$ , пройдя при этом путь  $5\text{ м}$ . Определить высоту наклонной плоскости.

## Вариант 2

1. Площадка подъемника с грузом стоит на нижней отметке. После включения подъемника площадка с грузом ускоряется в течение  $5\text{ с}$ , затем поднимается равномерно в течение  $10\text{ с}$  и перед остановкой замедляется в течение  $5\text{ с}$ . Диаметр барабана лебёдки подъемника равен  $0,4\text{ м}$ , а угловое ускорение при старте и остановке –  $1\text{ с}^{-2}$ . Найти высоту, на которую поднимется площадка подъемника.
2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону, выражаемому формулой  $\varphi = 10 + 20t - 25t^2$ . Для момента времени  $1\text{ с}$  найти величину и

направление полного ускорения точки, находящейся на расстоянии **0,1 м** от оси вращения.

3. Тело массой **100 кг** поднимается по наклонной плоскости с углом наклона  **$20^\circ$**  под действием силы, направленной параллельно плоскости и равной **1000 Н**. Коэффициент трения тела о плоскость равен **0,1**. С каким ускорением будет двигаться тело?

4. Определить момент силы, который необходимо приложить к блоку массой **1,5 кг**, вращающемуся с частотой **12 об/с**, чтобы он остановился в течение **8 с**. Диаметр блока **34 см**. Массу блока считать распределенной по ободу.

5. Человек стоит в центре круглой сплошной платформы массой **50 кг** и радиусом **1 м**, которая может вращаться без трения вокруг вертикальной оси, и держит в руках шест массой **12 кг** и длиной **3 м** за его середину. Вся система приводится во вращение с угловой скоростью **2 рад/с**. Определить, как изменится угловая скорость, если человек вначале держал шест вертикально, а затем горизонтально. Моментом инерции человека пренебречь.

6. Найти работу, которую совершит сила в **10 Н**, приложенная касательно к ободу колеса радиусом **0,5 м**. Колесо вращалось из состояния покоя с постоянным угловым ускорением, и через **10 с** частота вращения достигла **110 об/с**.

### Вариант 3

1. Парашютист, выбросившись из самолета, первые **50 м** падает, не испытывая сопротивления воздуха. Затем он раскрывает парашют и падает с замедлением в  **$2 \text{ м/с}^2$** . Земли он достигает при скорости **3 с**. Сколько времени парашютист пробыл в воздухе? С какой высоты он выбросился?

2. Тело начало вращаться из состояния покоя и через **3 с** имело линейную скорость **10 м/с**. Определить, сколько оборотов сделает тело после этого к моменту времени **5 с**, если радиус вращения **0,5 м**.

3. Тангенциальное ускорение точки, вращающейся по круговой траектории радиусом **10 см**, равно  **$3 \text{ м/с}^2$** . Определить, сколько оборотов сделала точка с начала вращения, если скорость в этот момент равна **5 м/с**.

4. Тело скользит вниз по наклонной плоскости (угол наклона  **$30^\circ$** ) с постоянной скоростью. Затем оно получает толчок вверх по наклонной плоскости с начальной скоростью **4 м/с**. На какое расстояние тело

поднимется вверх перед тем как остановится? Начнёт ли оно скользить назад?

5. Два тела, двигаясь навстречу друг другу, столкнулись неупруго, так что скорость их после этого стала равной  $3 \text{ м/с}$ . Определить массы тел, если скорость перед ударом была у первого тела  $v_1 = 6 \text{ м/с}$ , у второго  $v_2 = 2 \text{ м/с}$ . Энергия, растроченная на деформацию тел,  $Q = 30 \text{ Дж}$ .

6. Однородный цилиндр радиусом  $10 \text{ см}$  скатывается без скольжения с наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $30^\circ$ . Угловая скорость в начальный момент равна  $2 \text{ рад/с}$ . Найти время, за которое угловая скорость цилиндра возрастёт вдвое. Трением пренебречь.

#### Вариант 4

1. С вершины утёса высотой  $65 \text{ м}$  брошен вертикально вверх камень со скоростью  $10 \text{ м/с}$ . Определить: 1) через какое время он достигнет основания утёса; 2) какова скорость перед ударом его о землю.

2. Точка движется по окружности по уравнению  $\varphi = 3t + 0,5t^2$ . К моменту времени  $1 \text{ с}$  скорость равнялась  $10 \text{ м/с}$ . Определить нормальное и тангенциальное ускорения через  $2 \text{ с}$  от начала движения.

3. Вагон массой  $20 \text{ т}$  скатывается с уклона высотой  $4 \text{ м}$ . Навстречу ему по горизонтальному участку пути движется другой вагон массой  $15 \text{ т}$  со скоростью  $2,5 \text{ м/с}$  перед сцепкой. Определить скорости вагонов после сцепки. Трением пренебречь.

4. Определить момент инерции тонкого однородного стержня длиной  $60 \text{ см}$  и массой  $100 \text{ г}$  относительно оси, проходящей через точку стержня, удаленную на расстояние  $20 \text{ см}$  от одного из его концов.

5. Вентилятор вращался с частотой  $15 \text{ об/с}$ . После выключения он сделал до остановки  $75$  оборотов. Работа торможения оказалась равной  $4,44 \text{ Дж}$ . Найти момент инерции и момент сил торможения.

6. На общей вертикальной оси насажены два диска массами  $2$  и  $6 \text{ кг}$  и радиусами  $0,5$  и  $0,3 \text{ м}$ . Вращения дисков задаются уравнениями  $\varphi_1 = 3 + 8t$ ;  $\varphi_2 = 2 + 5t$ . Верхний диск падает и сцепляется с нижним. С какой скоростью будут вращаться диски?

### Вариант 5

1. На какой высоте вектор скорости тела, брошенного под углом  $45^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $20 \text{ м/с}$ , будет составлять с горизонтом угол  $30^\circ$ ?
2. Точка движется по окружности радиусом  $5 \text{ м}$ . Закон ее движения выражается уравнением  $S = 4 + 2t + t^2$ . В какой момент времени нормальное ускорение точки будет равно тангенциальному? Какой угловой путь опишет радиус вектор за это время?
3. Человек находится на движущейся со скоростью  $1,5 \text{ м/с}^2$  тележке массой  $40 \text{ кг}$ . Чему будет равна скорость тележки, если человек прыгнул вперед по ходу движения тележки, имея скорость  $3 \text{ м/с}$  относительно земли под углом  $30^\circ$  к ней? Масса человека  $60 \text{ кг}$ .
4. Определить момент инерции медного диска радиусом  $5 \text{ см}$  и толщиной  $1 \text{ мм}$ , в котором вырезаны два круглых отверстия радиусами по  $2 \text{ см}$ , центры которых удалены на  $2,5 \text{ см}$  от центра. Момент инерции определить относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр ( $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ).
5. Человек стоит в центре круглой сплошной платформы массой  $50 \text{ кг}$  и радиусом  $1 \text{ м}$ , которая может вращаться без трения вокруг вертикальной оси, и держит в руках шест массой  $12 \text{ кг}$  и длиной  $3 \text{ м}$  за его середину. Вся система приводится во вращение с угловой скоростью  $2 \text{ рад/с}$ . Определить, как изменится угловая скорость, если человек вначале держал шест вертикально, а затем горизонтально. Моментом инерции человека пренебречь.
6. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2$ , где  $B = 1 \text{ рад/с}$ ,  $C = 1 \text{ рад/с}^2$ . Момент инерции маховика равен  $50 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Чему равна мощность в конце третьей секунды?

### Вариант 6

1. Две материальные точки движутся согласно уравнениям  $x_1 = 4t + 8t^2 - 16t^3$  и  $x_2 = 2t - 4t^2 + t^3$ . В какой момент времени ускорения этих точек будут одинаковы? Найти скорости точек в этот момент.
2. Точка обращается по окружности радиусом  $1,2 \text{ м}$ . Уравнение движения точки  $\varphi = At + Bt^3$ , где  $A = 0,5 \text{ рад/с}$ ;  $B = 0,2 \text{ рад/с}^2$ . Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорения точки в момент времени  $4 \text{ с}$ .



3. Определить ускорение тела, соскальзывающего с наклонной плоскости, если угол наклона плоскости  $30^\circ$ , а коэффициент трения на всем пути движения равен  $0,3$ . Какова была скорость в конце наклонной плоскости, если путь, пройденный телом на горизонтальном участке,  $10\text{ м}$
4. Маховик в виде диска массой  $50\text{ кг}$  и радиусом  $20\text{ см}$  раскручен до частоты  $480\text{ об/мин}$  и затем предоставлен самому себе. Под влиянием трения маховик остановился. Найти момент сил трения, если маховик остановился через  $50\text{ с}$ .
5. Сплошной однородный диск катится по горизонтальной плоскости со скоростью  $10\text{ м/с}$ . Какое расстояние пройдет диск до остановки, если его предоставить самому себе? Коэффициент трения при движении диска  $0,02$ .
6. Человек стоит на скамейке Жуковского и ловит рукой мяч массой  $20\text{ г}$ , летящий в горизонтальном направлении со скоростью  $20\text{ м/с}$ . Траектория мяча проходит на расстоянии  $0,8\text{ м}$  от вертикальной оси вращения скамейки. С какой угловой скоростью начнет вращаться скамейка с человеком, поймавшим мяч? Считать, что суммарный момент инерции человека и скамейки  $I = 6\text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

### Вариант 7

1. Тело движется прямолинейно. Зависимость пройденного пути от времени определяется уравнением  $S = (0,5t + t^2)\text{ м}$ . Определить зависимость скорости и ускорения от времени; среднюю скорость тела за вторую секунду; путь, пройденный телом за пятую секунду.
2. Маховик из состояния покоя начал вращаться равноускорено, сделав  $40$  оборотов, продолжал вращаться с постоянной угловой скоростью  $8\text{ рад/с}$ . Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.
3. Орудие, жестко закрепленное на железнодорожной платформе, производит выстрел вдоль полотна железной дороги под углом  $30^\circ$  к линии горизонта. Определить скорость отката платформы, если снаряд вылетает со скоростью  $480\text{ м/с}$ . Масса платформы с орудием и снарядами  $18\text{ т}$ , масса снаряда  $60\text{ кг}$ .
4. Длина прямого стержня  $60\text{ см}$ , масса  $100\text{ г}$ . Определить момент инерции стержня относительно оси, перпендикулярной к его длине и проходящей через точку стержня, удаленную на  $20\text{ см}$  от одного из его концов.
5. Кинетическая энергия вала, вращающегося с постоянной частотой  $500\text{ об/с}$ , равна  $60\text{ Дж}$ . Найти момент импульса этого вала. Каков будет момент силы трения, если частота вращения уменьшится до  $20\text{ об/с}$  за  $10\text{ с}$ ?

6. Мощность, затраченная на подъем груза массой **10 кг** на высоту **12 м**, равна **64 Вт**. Веревка, к которой привязан груз, переброшена через блок радиусом 10 см, и момент сил трения равен **3 Н·м**. Сколько времени поднимали груз, если подъём равномерный?

### Вариант 8

1. Уравнение движения материальной точки по прямой имеет вид  $x = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 5\text{ м}$ ,  $B = 4\text{ м/с}$ ,  $C = -1\text{ м/с}$ . Определить среднюю скорость движения за интервал времени от 1 до 6 с.

2. Пуля массой **10 г**, двигавшаяся со скоростью **200 м/с**, врезалась в доску и углубилась в нее на расстояние **4 см**. Определить среднюю силу сопротивления доски и время движения пули в доске, считая движение пули внутри доски равномерно замедленным.

3. Сплошной цилиндр диаметром **12 см**, имеющий массу **3 кг**, лежит боковой поверхностью на горизонтальной плоскости. Определить момент инерции цилиндра относительно оси, проходящей по линии его контакта с плоскостью.

4. Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязали грузы массами **100** и **110 г**. С каким ускорением будут двигаться грузы, если масса блока **400 г**? Трением пренебречь.

5. На краю платформы в виде диска, вращающейся по инерции вокруг вертикальной оси с частотой **8 об/мин**, стоит человек массой **70 кг**. Когда человек перешел в центр платформы, она стала вращаться с частотой **10 об/мин**. Определить массу платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

6. Платформа в виде диска радиусом **1 м** вращается по инерции, делая **0,1 об/с**. На краю платформы стоит человек, масса которого **80 кг**. Сколько оборотов в секунду будет делать платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции платформы равен **120 кг·м<sup>2</sup>**. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### Вариант 9

1. Зависимость перемещения от времени выражается уравнением  $S = S_0 + At^2 - Bt^3$ , где  $A$  и  $B$  – постоянные. Определить зависимости скорости и ускорения от времени; перемещение тела через **3 с**, если наибольшая скорость тела через **2 с** после начала движения равна **3 м/с**.

3. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 10$  рад,  $B = 20$  рад/с,  $C = -2$  рад/с<sup>2</sup>. Для момента времени 4 с найти полное ускорение точки, находящейся на расстоянии 0,1 м от оси вращения.

3. Тело массой 200 г движется со скоростью  $V = 10$  м/с, ударяет неподвижное тело массой 800 г. Удар прямой, центральный, абсолютно упругий. Определить скорости тел после удара.

4. Молот массой 15 кг ударил со скоростью 5 м/с наковальню массой 150 кг. Рассматривая удар как абсолютно неупругий, найти энергию, которая идет на деформацию и потом превращается в теплоту.

5. Шар катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Полная кинетическая энергия шара 14 Дж. Определить кинетическую энергию поступательного и вращательного движения шара.

6. Платформа в виде сплошного диска радиусом 1,5 м и массой 180 кг вращается по инерции около вертикальной оси с частотой 10 об/мин. В центре платформы стоит человек массой 50 кг. Какую линейную скорость относительно пола помещения будет иметь человек, если он перейдет на край платформы?

### Вариант 10

1. В последнюю секунду свободного падения тело прошло пятую часть своего пути. С какой высоты оно упало?

2. Точка движется по окружности радиусом 4 м. Закон ее движения выражается уравнением  $S = 8 - 2t^2$ , где  $S$  – в метрах,  $t$  – в секундах. Найти: 1) в какой момент времени нормальное ускорение точки  $a_n = 9$  м/с<sup>2</sup>; 2) чему равны скорость, тангенциальное и полное ускорения точки в этот момент времени.

3. С какой минимальной силой, направленной горизонтально, нужно прижать плоский брусок к стене, чтобы он не соскользнул вниз? Масса бруска 5 кг, коэффициент трения между стенкой и бруском равен 0,1.

4. Шар массой 10 кг сталкивается с шаром массой 4 кг. Скорость первого шара 4 м/с, второго 12 м/с. Найти общую скорость шаров после удара в двух случаях: 1) когда малый шар догоняет большой шар, движущийся в том же направлении; 2) когда шары движутся навстречу друг другу. Удар считать прямым, центральным, неупругим.

5. Диаметр диска **20 см**, масса **800 г**. Определить момент инерции диска относительно оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно к плоскости диска.

6. Платформа в виде диска радиусом **1 м** вращается по инерции, делая **0,1 об/с**. На краю платформы стоит человек, масса которого **80 кг**. Сколько оборотов в секунду будет делать платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции платформы равен  **$120 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$** . Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### Вариант 11

1. Камень, брошенный горизонтально с крыши дома со скоростью **15 м/с**, упал на землю под углом  **$60^\circ$**  к горизонту. Какова высота дома?

2. Колесо, вращаясь равнозамедленно, при торможении уменьшило свою скорость за **1 мин** с **240** до **180 об/мин**. Найти угловое ускорение колеса и число оборотов, сделанных им за это время.

3. Автомобиль, имеющий массу **1 т**, трогается с места в гору с углом  $\alpha = 30^\circ$  и, двигаясь по ней равноускорено, проходит путь **20 м** за время **2 с**. Какую мощность должен развить мотор этого автомобиля? Коэффициент трения **0,1**.

4. Определить момент инерции диска радиусом **30 см** и массой **20 кг** относительно оси, перпендикулярной диску и проходящей через: 1) середину одного из радиусов; 2) касательную к поверхности диска.

5. Шар скатывается с наклонной плоскости высотой **90 см**. Какую линейную скорость будет иметь центр шара в тот момент, когда шар скатится с наклонной плоскости?

6. Платформа в виде диска вращается по инерции около вертикальной оси с частотой **15 об/мин**. На краю платформы стоит человек. Когда человек перешел в центр платформы, частота возросла до **25 об/мин**. Масса человека **70 кг**. Определить массу платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### Вариант 12

1. Движение точки по прямой задано уравнением  $x = At + Bt^2$ , где  $A = 2 \text{ м/с}$ ;  $B = -0,5 \text{ м/с}^2$ . Определить среднюю скорость движения точки в интервале времени от **1** до **3 с**.

2. Маховик из состояния покоя начал вращаться равноускоренно и, сделав **40 об.**, продолжал вращаться с постоянной угловой скоростью **8 рад/с**. Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.
3. Санки скатываются с ледяной горы высотой **3 м** и останавливаются на ледяном поле на расстоянии **15 м** по горизонтальному направлению от вершины наклонной плоскости. Определить коэффициент трения.
4. Определить момент инерции стержня длиной **30 см** и массой **100 г** относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через: 1) его конец; 2) точку, отстоящую от конца стержня на одну треть его длины.
5. По горизонтальной плоской поверхности катится диск со скоростью **8 м/с**. Определить коэффициент сопротивления, если диск, будучи предоставленным самому себе, остановился, пройдя путь **18 м**.
6. На краю неподвижной скамьи Жуковского диаметром **0,8 м** и массой **60 кг** стоит человек массой **60 кг**. С какой угловой скоростью начнет вращаться скамья, если человек поймает летящий на него мяч массой **0,5 кг**? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии **0,4 м** от оси скамьи. Скорость мяча **5 м/с**.

### Вариант 13

1. Движение двух материальных точек выражается уравнениями:  $x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2$ , где  $A_1 = 20 \text{ м}$ ,  $B_1 = 2 \text{ м/с}$ ;  $C_1 = -4 \text{ м/с}^2$ ;  $x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2$ , где  $A_2 = 2 \text{ м}$ ;  $B_2 = 2 \text{ м/с}$ ;  $C_2 = 0,5 \text{ м/с}^2$ . В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковыми? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент?
2. Диск радиусом **0,2 м** вращается согласно уравнению  $\varphi = 3 - t + 0,1 t^3$ . Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорения точек на окружности диска для момента времени  **$t = 10 \text{ с}$** .
3. Тележка с песком катится со скоростью **2 м/с** по горизонтальному пути без трения. Навстречу тележке летит шар массой **2 кг** с горизонтальной скоростью **7 м/с**. Удар абсолютно неупругий. В какую сторону и с какой скоростью покатится тележка после встречи с шаром? Масса тележки равна **10 кг**.
4. Как велика работа, совершаемая при равноускоренном подъёме груза массой **100 кг** на высоту **4 м** за **2 с**?

5. Шар катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Полная кинетическая энергия шара **14 Дж**. Определить кинетическую энергию поступательного и вращательного движений шара.

6. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя его, вернется в исходную точку? Масса платформы **240 кг**, масса человека **60 кг**. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### Вариант 14

1. По прямой линии движутся две материальные точки согласно уравнениям:  
 $x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2$  и  $x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2$ , где  
 $A_1 = 10 \text{ м}$ ,  $B_1 = 1 \text{ м/с}$ ;  $C_1 = 2 \text{ м/с}^2$ ;  
 $A_2 = 3 \text{ м}$ ;  $B_2 = 2 \text{ м/с}$ ;  $C_2 = 0,2 \text{ м/с}^2$ . В какой момент времени  $t$  скорости этих точек будут одинаковы? Найти ускорение этих точек в момент  $t = 3 \text{ с}$ .

2. Колесо, вращаясь равноускорено, достигло угловой скорости **20 рад/с** через **10 оборотов** после начала вращения. Найти угловое ускорение колеса; через сколько времени от начала вращения угловая скорость станет **40 рад/с**?

3. На наклонной плоскости находится груз массой  $m_1 = 5 \text{ кг}$ , связанный нитью, перекинутой через блок, с другим грузом  $m_2 = 2 \text{ кг}$ . Коэффициент трения между первым грузом и плоскостью **0,1**; угол наклона плоскости к горизонту **37°**. Определить ускорение грузов. При каких значениях  $m_2$  система будет находиться в равновесии?

4. Вал массой **1 кг** и радиусом **5 см** вращался с частотой **8 об/с**. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой **40 Н**, под действием которой вал остановился через **10 с**. Определить коэффициент трения.

5. Определить линейную скорость центра шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости высотой **1 м**.

6. Шарик массой **0,1 кг**, привязанный к концу нити длиной **1 м**, вращается, опираясь на горизонтальную плоскость, с частотой **1 об/с**. Нить укорачивается, приближая шарик к оси вращения до расстояния **0,5 м**. С какой частотой будет вращаться при этом шарик? Трением шарика о плоскость пренебречь. Определить работу, которую совершает внешняя сила, укорачивая нить.



## Вариант 15

1. Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении со скоростью  $30 \text{ м/с}$ . Определить скорость, тангенциальное и нормальное ускорения камня в конце второй секунды после начала движения.
2. Материальная точка движется по окружности радиуса  $2 \text{ м}$  согласно уравнению  $S = 8t - 0,2t^3$  (длина в метрах, время в секундах). Найти скорость, тангенциальное и полное ускорения в момент времени  $t = 3 \text{ с}$ .
3. Найти работу подъема груза на наклонной плоскости, если масса груза  $100 \text{ кг}$ , длина наклонной плоскости  $2 \text{ м}$ , угол наклона  $30^\circ$ , коэффициент трения  $0,1$  и груз движется с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ .
4. Два маленьких шарика массами  $0,04$  и  $0,12 \text{ кг}$  соединены стержнем длиной  $0,2 \text{ м}$ , масса которого ничтожно мала. Определить момент инерции этой системы относительно оси, проходящей перпендикулярно стержню через центр тяжести системы.
5. Пуля массой  $10 \text{ г}$  летит со скоростью  $800 \text{ м/с}$ , вращаясь около продольной оси с частотой  $3000 \text{ об/с}$ . Принимая пулю за цилиндр с диаметром  $8 \text{ мм}$ , определить полную кинетическую энергию.
6. Человек стоит на вращающемся столике (скамье Жуковского). Столик вращается, делая  $0,5 \text{ об/с}$ . Момент инерции столика относительно оси вращения  $1,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . В вытянутых в стороны руках человек держит гири массой  $2 \text{ кг}$  каждая. Расстояние между гирями  $1,6 \text{ м}$ . Сколько оборотов в секунду будет делать столик с человеком, если он опустит руки и расстояние между гирями станет  $0,4 \text{ м}$ ? Моментом инерции человека пренебречь.

## Вариант 16

1. С башни высотой  $49 \text{ м}$  в горизонтальном направлении брошено тяжелое тело со скоростью  $5 \text{ м/с}$ . Определить тангенциальное и нормальное ускорение тела в точке, соответствующей половине всего времени падения тела. Установить, на каком расстоянии от башни оно упало. Сопротивление воздуха не учитывать.
2. Колесо вращается так, что зависимость угла поворота радиуса от времени определяется уравнением  $\varphi = 1 + 2t - 2t^3$ . Нормальное ускорение точек, лежащих на ободе колеса, к концу второй секунды движения равно  $200 \text{ м/с}$ . Определить зависимость от времени угловой и линейной скоростей, углового ускорения для точек, лежащих на ободе колеса; радиус колеса.

3. На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием  $15\text{ т}$ . Орудие стреляет вверх под углом  $60^\circ$  к горизонту в направлении пути. С какой скоростью покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда  $20\text{ кг}$  и он вылетает со скоростью  $600\text{ м/с}$ ?
4. Масса диска  $0,5\text{ кг}$ , диаметр его  $40\text{ см}$ . Диск вращается, делая  $1500\text{ об/мин}$ . При торможении он останавливается в течение  $2\text{ с}$ . Определить тормозящий момент.
5. Шар скатывается с наклонной плоскости длиной  $7\text{ м}$  и углом наклона  $30^\circ$ . Определить скорость шара в конце наклонной плоскости. Трением пренебречь.
6. На вращающемся столике стоит человек, держащий в вытянутых руках на расстоянии  $1,5\text{ м}$  друг от друга  $2$  гири. Столик вращается, делая  $1\text{ об/с}$ . Человек сближает гири до расстояния  $0,8\text{ м}$ , и число оборотов увеличивается до  $1,5\text{ об/с}$ . Определить работу, произведенную человеком, если масса каждой гири  $2\text{ кг}$ .

### Вариант 17

1. Под каким углом к горизонту надо бросить тело со скоростью  $20\text{ м/с}$ , чтобы дальность полета была в  $4$  раза больше наибольшей высоты подъема? Определить радиус кривизны траектории в верхней ее точке.
2. Колесо радиусом  $0,1\text{ м}$  вращается ускоренно так, что число оборотов возрастает на  $1/2$  оборота за каждую секунду. Найти к концу второй секунды нормальное тангенциальное и полное ускорения точек.
3. Тело массой  $10\text{ кг}$  брошено с высоты  $100\text{ м}$  вертикально вниз со скоростью  $14\text{ м/с}^2$ . Определить среднюю силу сопротивления грунта, если тело углубилось в песок на  $0,2\text{ м}$ . Сопротивление воздуха не учитывать.
4. Шар и цилиндр одинаковых масс и радиусов движутся с одинаковой линейной скоростью по горизонтальной плоскости, а потом вкатываются вверх по наклонной плоскости. Определить отношение высот подъема.
5. Тонкий прямой стержень длиной  $1\text{ м}$  прикреплен к горизонтальной оси, проходящей через его конец. Стержень отклонили на угол  $60^\circ$  от положения равновесия и отпустили. Определить линейную скорость нижнего конца стержня в момент прохождения через положение равновесия.



6. 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  $4 \text{ рад/с}$ . Момент инерции человека и скамейки  $6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Длина стержня  $1,5 \text{ м}$ , его масса  $8 \text{ кг}$ . Определить: число оборотов скамейки в  $1 \text{ с}$ , если ось вращения ее проходит через середину стержня, и человек повернет стержень в горизонтальное положение; работу, совершенную человеком в этом случае.

### Вариант 18

1. С какой высоты упало тело, если последний метр своего пути оно прошло за время  $0,1 \text{ с}$ ?

2. Колесо вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $A = 1 \text{ рад}$ ,  $B = 1 \text{ рад/с}$ ;  $C = 1 \text{ рад/с}^2$  и  $D = 1 \text{ рад/с}^3$ . Найти радиус колеса, если известно, что к концу второй секунды движения нормальное ускорение точек, лежащих на ободе колеса, равно  $a_n = 346 \text{ м/с}^2$ .

3. Тело скользит по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $45^\circ$ . Пройдя расстояние  $36,4 \text{ см}$ , тело приобретает скорость  $2 \text{ м/с}$ . Чему равен коэффициент трения тела о плоскость?

4. Маховик, вращающийся по закону, выражаемому уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 2 \text{ рад}$ ;  $B = 16 \text{ рад/с}$ ;  $C = -2 \text{ рад/с}^3$ , имеет момент инерции, равный  $50 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Чему равны мощность и момент силы через  $3 \text{ с}$  от начала вращения?

5. Диск катится в течение  $3 \text{ с}$  и останавливается, пройдя расстояние  $10 \text{ м}$ . Определить коэффициент трения.

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

### Вариант 19

1. Тело брошено под углом  $30^\circ$  к горизонту со скоростью  $20 \text{ м/с}$ . Найти тангенциальное и нормальное ускорения в начальный момент движения. Через какое время тело будет находиться на высоте  $2 \text{ м}$ ?

3. Определить полное ускорение в момент  $t = 3 \text{ с}$  точки, находящейся на ободе колеса радиусом  $R = 0,5 \text{ м}$ , вращающегося согласно уравнению  $\varphi = At + Bt^3$ , где  $A = 2 \text{ рад/с}$ ;  $B = 0,2 \text{ рад/с}^3$ .
4. С ледяной горы высотой  $1 \text{ м}$  и основанием  $5 \text{ м}$  съезжают санки, которые останавливаются, пройдя горизонтальный путь  $95 \text{ м}$ . Найти коэффициент трения.
5. Найти кинетическую энергию велосипедиста, едущего со скоростью  $9 \text{ км/ч}$ . Вес велосипедиста вместе с велосипедом  $780 \text{ Н}$ , причем на колесо приходится  $30 \text{ Н}$ . Колеса считать обручами.
6. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму сплошного диска радиусом  $2 \text{ м}$ , стоит человек. Масса платформы  $200 \text{ кг}$ , масса человека  $80 \text{ кг}$ . Платформа вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Найти, с какой угловой скоростью будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью  $2 \text{ м/с}^2$  относительно платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### Вариант 20

1. Движение материальной точки задано уравнением  $x = At + Bt^2$ , где  $A = 4 \text{ м/с}$ ;  $B = -0,05 \text{ м/с}^2$ . Определить момент времени, в который скорость точки равна нулю. Найти координату и ускорение в этот момент. Построить графики зависимостей скорости и ускорения этого движения от времени.
2. Вал вращается с постоянной скоростью, соответствующей частоте  $180 \text{ об/мин}$ . С некоторого момента вал тормозится и вращается равнозамедленно с угловым ускорением  $3 \text{ рад/с}^2$ . Через сколько времени вал остановится? Сколько оборотов он сделает до остановки?
3. Найти силу тяги, развиваемую мотором автомобиля, движущегося в гору с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ . Уклон горы равен  $1 \text{ м}$  на каждые  $25 \text{ м}$  пути. Вес автомобиля  $9,8 \cdot 10^3 \text{ Н}$ . Коэффициент трения равен  $0,1$ . Найти работу, совершенную двигателем на пути  $3 \text{ км}$ .
4. Цилиндр диаметром  $12 \text{ см}$ , имеющий массу  $3 \text{ кг}$ , лежит боковой поверхностью на горизонтальной плоскости. Определить момент инерции цилиндра относительно оси, проходящей по линии контакта с плоскостью.
5. Шар катится по горизонтальной плоскости. Какую часть составляет энергия поступательного движения от общей кинетической энергии?

6. На краю платформы в виде диска, вращающегося по инерции вокруг вертикальной оси с частотой **8 об/мин**, стоит человек массой **70 кг**. Когда человек перешел в центр платформы, она стала вращаться частотой **10 об/мин**. Определить массу платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### Вариант 21

1. Тело брошено под углом  **$30^\circ$**  к горизонту со скоростью **30 м/с**. Каковы будут нормальное и тангенциальное ускорения тела через **1 с** после начала движения?

2. Колесо радиусом **0,1 м** вращается с постоянным угловым ускорением  **$3,14 \text{ рад/с}^2$** . Для точек обода колеса найти: 1) угловую скорость; 2) линейную скорость; 3) тангенциальное ускорение; 4) нормальное ускорение; 5) полное ускорение в конце первой секунды после начала движения.

3. По наклонной плоскости высотой **0,5 м** и длиной склона **1 м** скользит тело массой **3 кг**. Тело приходит к основанию наклонной плоскости со скоростью **2,45 м/с**. Найти: 1) коэффициент трения тела о плоскость; 2) количество тепла, выделенного при трении. Начальная скорость тела равна нулю.

4. Вычислить момент инерции обода радиусом **0,5 м** и массой **3 кг** относительно оси, проходящей через точку, отстоящую на расстоянии радиуса от центра обода.

5. Определить скорость поступательного движения сплошного цилиндра, скатившегося с наклонной плоскости высотой **20 см**.

6. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя ее, вернется в исходную точку? Масса платформы **240 кг**, масса человека **60 кг**. (Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки).

### Вариант 22

1. Тело падает вертикально с высоты **19,6 м** с нулевой начальной скоростью. За какое время тело пройдет: 1) первый метр своего пути; 2) последний метр своего пути? Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Точка движется по окружности радиусом **4 м**. Закон ее движения выражается уравнением  $S = A + Bt^3$ , где  $A = 8 \text{ м}$ ,  $B = -2 \text{ м/с}^3$ . Определить момент времени  $t$ , когда нормальное ускорение точки равно  **$9 \text{ м/с}^2$** . Найти

скорость, тангенциальное и полное ускорения точки в тот же момент времени  $t$ .

3. На рельсах стоит платформа, на которой в горизонтальном положении закреплено орудие без противооткатного устройства. Из орудия производят выстрел вдоль железнодорожного пути. Масса снаряда **10 кг**, скорость снаряда при вылете из орудия **1 км/с**. Масса платформы с орудием и прочим грузом **20 т**. На какое расстояние откатится платформа после выстрела, если коэффициент трения равен **0,002**?

4. На концах тонкого стержня длиной **1 м** и массой **400 г** находятся два шарика массами **200** и **300 г**. Найти момент инерции системы относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину.

5. Шар скатывается по наклонной плоскости длиной  $l = 7$  см с углом наклона **30°**. Определить скорость шара в конце наклонной плоскости. Трением пренебречь.

6. Горизонтальная платформа массой **150 кг** вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, с частотой **8 об/мин**. Человек массой **70 кг** стоит при этом на краю платформы. С какой угловой скоростью начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать платформу круглым однородным диском, а человека – материальной точкой.

### Вариант 23

1. Закон движения точки по некоторой кривой выражается уравнением  $S = 2 - 4t^2 + t^3$ . Найти радиус кривизны траектории в том месте, где точка будет находиться в момент времени  $t = 4$  с, если нормальное ускорение в этот момент равно **6 м/с<sup>2</sup>**.

2. Колесо вращается с постоянным угловым ускорением **2 рад/с**. Через **0,5 с** после начала движения полное ускорение колеса стало равно **13,6 см/с**. Найти радиус колеса.

3. Стальной шарик массой **0,02 кг**, падая с высоты **1 м** на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту **81 см**. Найти: 1) импульс силы, полученный плитой за время удара; 2) количество тепла, выделившегося при ударе.

4. Вычислить момент инерции обода радиусом **0,5 м** и массой **3 кг** относительно оси, проходящей через конец плоскости обода.

5. Мальчик катит обруч по горизонтальной дороге со скоростью  $7,2 \text{ км/ч}$ . На какое расстояние может вкатиться обруч на горку за счет его кинетической энергии? Уклон горы равен  $10 \text{ м}$  на каждые  $100 \text{ м}$  пути.

6. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя ее, вернется в исходную (на платформе) точку? Масса платформы  $280 \text{ кг}$ , масса человека  $80 \text{ кг}$ . Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### Вариант 24

1. Тело брошено под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью  $20 \text{ м/с}$ . На какой высоте тело будет двигаться под углом  $45^\circ$  к горизонту?

2. Маховое колесо спустя  $1 \text{ мин}$  после начала вращения приобретает скорость, соответствующую  $720 \text{ об/мин}$ . Найти угловое ускорение колеса и число оборотов колеса за эту минуту. Движение считать равноускоренным.

3. Конькобежец массой  $70 \text{ кг}$ , стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой  $3 \text{ кг}$  со скоростью  $8 \text{ м/с}$ . На какое расстояние откатится при этом конькобежец, если известно, что коэффициент трения коньков о лед  $0,02$ ?

4. В ящик с песком массой  $5 \text{ кг}$ , подвешенный на нитке длиной  $3 \text{ м}$ , попадает пуля массой  $0,005 \text{ кг}$  и отклоняет его на угол  $10^\circ$ . Определить скорость пули.

5. Диск катится в течение  $3 \text{ с}$  и останавливается, пройдя расстояние  $10 \text{ м}$ . Определить коэффициент трения качения, если радиус диска  $0,1 \text{ м}$ .

6. На краю неподвижной скамьи Жуковского диаметром  $0,8 \text{ м}$  и массой  $6 \text{ кг}$  стоит человек массой  $60 \text{ кг}$ . С какой угловой скоростью начнет вращаться скамья, если человек поймает летящий на него мяч массой  $0,5 \text{ кг}$ ? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии  $0,4 \text{ м}$  от оси скамьи. Скорость мяча  $5 \text{ м/с}$ . Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### Вариант 25

1. Уравнение движения материальной точки по прямой имеет вид  $x = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 5 \text{ м}$ ,  $B = 4 \text{ м/с}$  и  $C = -1 \text{ м/с}^2$ . Определить среднюю скорость движения за интервал времени от  $1$  до  $6 \text{ с}$ .

2. Диск радиусом  $10\text{ м}$ , находившийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением, равным  $0,5\text{ рад/с}^2$ . Каковы были тангенциальное, нормальное и полное ускорения точек на окружности диска в конце второй секунды после начала вращения?
3. Пуля массой  $10\text{ г}$ , двигавшаяся со скоростью  $200\text{ м/с}$ , врезалась в доску и углубилась в нее на расстояние  $4\text{ см}$ . Определить среднюю силу сопротивления доски и время движения пули в доске, считая движение пули внутри доски равномерно замедленным.
4. Молот массой  $10\text{ кг}$  ударяет по небольшому куску мягкого железа, лежащему на наковальне. Масса наковальни  $400\text{ кг}$ . Определить к.п.д. удара молота при данных условиях. Удар считать неупругим. Полезной считать энергию, пошедшую на деформацию куска железа.
5. Сплошной цилиндр диаметром  $12\text{ см}$ , имеющий массу  $3\text{ кг}$ , лежит боковой поверхностью на горизонтальной плоскости. Определить момент инерции цилиндра относительно оси, проходящей по линии его контакта с плоскостью.
6. На краю платформы в виде диска, вращающейся по инерции вокруг вертикальной оси с частотой  $8\text{ об/мин}$ , стоит человек массой  $70\text{ кг}$ . Когда человек перешел в центр платформы, она стала вращаться с частотой  $10\text{ об/мин}$ . Определить массу платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### Вариант 26

1. Камень, брошенный горизонтально на высоте  $2\text{ м}$  над землей, упал на расстоянии  $7\text{ м}$  от места бросания (считая по горизонтали). Найти его начальную и конечную скорости.
2. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = 6t - 2t^3$ . Найти: 1) средние значения угловой скорости и углового ускорения за промежуток времени от  $t = 0$  до остановки; 2) угловое ускорение в момент остановки тела.
3. Санки скатываются с ледяной горы высотой  $3\text{ м}$  и останавливаются на ледяном поле на расстоянии  $15\text{ м}$  по горизонтальному направлению от вершины наклонной плоскости. Определить коэффициент трения.
4. К ободу сплошного однородного диска массой  $5\text{ кг}$  приложена постоянная касательная сила  $19,8\text{ Н}$ . Какую кинетическую энергию будет иметь диск через  $5\text{ с}$  после начала действия силы?



5. Определить линейную скорость центра шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости высотой **1 м**.

6. Шарик массой **0,1 кг**, привязанный к концу нити длиной **1 м**, вращается, опираясь на горизонтальную плоскость, с частотой **1 об/с**. Нить укорачивается, приближая шарик к оси вращения до расстояния **0,5 м**. С какой частотой будет вращаться при этом шарик? Трением шарика о плоскость пренебречь. Определить работу, которую совершает внешняя сила, укорачивая нить.

### Вариант 27

1. Уравнение движения точки по прямой имеет вид  $x = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 4 \text{ м}$ ;  $B = 2 \text{ м/с}$  и  $C = 0,2 \text{ м/с}^3$ . Найти положение точки, ее скорость и ускорение в момент времени **2 с**.

3. Колесо радиусом **0,1 м** вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $B = 2 \text{ рад/с}$  и  $C = 1 \text{ рад/с}^3$ . Для точек, лежащих на ободе колеса, найти через **2 с** после начала движения следующие величины: 1) угловую и линейную скорости; 2) угловое, нормальное и тангенциальное ускорения.

3. Две гири весом **19,6** и **9,8 Н** соединены нитью и перекинута через невесомый блок. Найти: 1) ускорение, с которым движутся гири; 2) натяжение нити. Трением в блоке пренебречь.

4. Тело массой **2 м/с** движется со скоростью **5 м/с** навстречу телу массой **3 кг**, движущемуся со скоростью **10 м/с**. Найти величину и объяснить причину изменения кинетической энергии системы тел после неупругого центрального удара.

5. Обруч и диск имеют одинаковую массу и катятся без скольжения с одинаковой линейной скоростью. Кинетическая энергия диска равна **29,4 Дж**. Найти кинетическую энергию обруча.

6. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 2 \text{ рад}$ ;  $B = 32 \text{ рад/с}$  и  $C = -4 \text{ рад/с}^2$ . Найти среднюю мощность, развиваемую силами, действующими на маховик при его вращении, до остановки, если его момент инерции равен **100 кг · м<sup>2</sup>**.

### Вариант 28

1. Уравнение движения материальной точки имеет вид:  $x = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 4 \text{ м}$ ;  $B = 2 \text{ м/с}$  и  $C = -0,2 \text{ м/с}^3$ . Найти среднюю скорость и среднее ускорение за интервал времени между 2 и 5 секундами.
2. Диск радиусом 10 см, находившийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным ускорением 0,5 рад/с. Каковы тангенциальное, нормальное и полное ускорения точек на окружности диска в конце второй секунды после начала вращения?
3. При вертикальном подъеме груза весом 12,6 Н на высоту 1 м постоянной силой была совершена работа 18,4 Дж. С каким ускорением поднимали груз?
4. Автомобиль, двигаясь равноускорено, на участке пути 100 м набрал скорость 72 км/ч. Определить работу двигателя автомобиля на этом участке, если масса автомобиля с грузом 1800 кг, а коэффициент трения 0,05.
5. Мальчик катит диск по горизонтальной дороге со скоростью 7,2 км/ч. На какое расстояние может вкатиться диск на горку за счет его кинетической энергии? Уклон горки равен 1 м на каждые 25 м пути.
6. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 2 \text{ рад}$ ;  $B = 16 \text{ рад/с}$  и  $C = -2 \text{ рад/с}^2$ . Момент инерции колеса равен 50 кг·м<sup>2</sup>. Чему равна мощность в момент времени  $t = 3$ ?

## ВАРИАНТ 29

1. Автомобиль движется по закруглению шоссе, имеющему радиус кривизны 50 м. Уравнение движения автомобиля  $S = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 10 \text{ м}$ ;  $B = 10 \text{ м/с}$  и  $C = -0,5 \text{ м/с}^2$ . Найти скорость автомобиля, его тангенциальное, нормальное и полное ускорения в момент времени  $t = 5 \text{ с}$ .
2. Колесо радиусом 10 см вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $D = 2 \text{ рад/с}^3$ . Найти для точек на ободе колеса изменение тангенциального ускорения за каждую секунду.
3. Тело массой  $M = 1 \text{ кг}$  соскальзывает без трения с наклонной плоскости, угол наклона которой равен 21°. После того как тело прошло путь  $S = 1 \text{ м}$ , с ним неупруго столкнулся летящий горизонтально пластилиновый шар массой 150 г; при этом тело остановилось. Найти скорость шара.
4. Маховое колесо, имеющее момент инерции 245 кг·м<sup>2</sup>, вращается, делая 20 об/с. После того как на колесо перестал действовать вращающий момент сил, оно остановилось, сделав 1000 оборотов. Найти: 1) момент сил трения;



2) время, прошедшее от момента прекращения действия вращающего момента сил до полной остановки колеса.

5. Шар массой  $5 \text{ кг}$  вращается вокруг оси, проходящей через центр шара, в соответствии с уравнением  $\varphi = 3 + 9t^2 - t^3$ . Через  $2 \text{ с}$  после начала вращения линейное ускорение точек поверхности шара равно  $0,6 \text{ м/с}^2$ . Определить изменение мощности в интервале от  $1$  до  $2 \text{ с}$ .

6. Сплошной диск весом  $12,6 \text{ Н}$  катится без скольжения по горизонтальной плоскости со скоростью  $4 \text{ м/с}$ . Найти кинетическую энергию диска.

### Вариант 30

1. Зависимость пройденного телом пути от времени определяется уравнением  $S = At + Bt^2 + Ct^3$ , где  $A = 2 \text{ м/с}$ ;  $B = 3 \text{ м/с}^2$  и  $C = 4 \text{ м/с}^3$ . Найти: 1) зависимость скорости и ускорения от времени; 2) расстояние, пройденное телом, скорость и ускорение тела через  $2 \text{ с}$  после начала движения.

2. Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости, равной  $20 \text{ рад/с}$ , через  $10$  оборотов после начала вращения. Найти угловое ускорение колеса.

3. Вертолет, масса которого с грузом  $6 \cdot 10^3 \text{ кг}$ , за  $2,5 \text{ мин}$  набрал высоту  $2250 \text{ м}$ . Определить совершенную работу, считая подъем вертолета равноускоренным.

4. Диск и шар насажены на общую ось, проходящую через центр их масс перпендикулярно плоскости диска. Диаметры диска и шара одинаковы и равны  $30 \text{ см}$ . Масса диска равна  $150 \text{ г}$ , шара  $450 \text{ г}$ . Вычислить момент инерции системы.

5. Шар диаметром  $6 \text{ см}$  катится без скольжения по горизонтальной плоскости, делая  $4 \text{ об/с}$ . Масса шара  $0,25 \text{ кг}$ . Найти кинетическую энергию шара.

6. На краю неподвижной скамьи Жуковского диаметром  $0,8 \text{ м}$  и массой  $6 \text{ кг}$  стоит человек массой  $60 \text{ кг}$ . С какой угловой скоростью начнет вращаться скамья, если человек поймает летящий на него мяч массой  $0,5 \text{ кг}$ ? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии  $0,4 \text{ м}$  от оси скамьи. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки. Скорость мяча  $5 \text{ м/с}$ .

### Вариант 31

1. Зависимость пройденного телом пути от времени дается уравнением  $S = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 6 \text{ м}$ ;  $B = 3 \text{ м/с}$  и  $C = 2 \text{ м/с}^2$ . Найти среднюю скорость и среднее ускорение тела в интервале времени от 1 до 4 с.
2. Диск радиусом 20 см вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 3 \text{ рад}$ ;  $B = -1 \text{ рад/с}$ ;  $C = 0,1 \text{ рад/с}^3$ . Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорения точек на окружности диска для момента времени 10 с.
3. Тело скользит сначала по наклонной плоскости, составляющей угол  $8^\circ$  с горизонтом, а затем по горизонтальной поверхности. Найти, чему равен коэффициент трения, если известно, что тело проходит по горизонтали такое же расстояние, как и по наклонной плоскости.
4. Маховое колесо начинает вращаться с постоянным угловым ускорением  $0,5 \text{ рад/с}$  и через 15 с после начала движения приобретает момент импульса, равный  $73,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Найти кинетическую энергию колеса через 20 с после начала вращения.
5. Обруч и диск имеют одинаковую массу и катятся без скольжения с одинаковой линейной скоростью. Кинетическая энергия обруча равна  $39,2 \text{ Дж}$ . Найти кинетическую энергию диска.
6. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек массой  $60 \text{ кг}$ . На какой угол повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя его, вернется в исходную точку на платформе? Масса платформы равна  $240 \text{ кг}$ . Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### Вариант 32

1. Зависимость пройденного телом пути  $S$  от времени дается уравнением  $S = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 3 \text{ м}$ ;  $B = 2 \text{ м/с}$  и  $C = 1 \text{ м/с}^2$ . Найти среднюю скорость и среднее ускорение тела в интервале времени 1-3 с его движения.
2. Колесо, вращаясь равномерно, при торможении уменьшило свою скорость за 1 мин с 300 до 180 об/мин. Найти угловое ускорение колеса и число оборотов, сделанных им за это время.
3. Тело массой  $m_1 = 10 \text{ кг}$  соскальзывает без трения с наклонной плоскости, укрепленной на тележке массой  $m_2 = 20 \text{ кг}$ . Найти скорость тележки относительно земли после соскальзывания тела с наклонной плоскости, если ее высота равна 20 см, а угол наклона  $30^\circ$ .

4. Маховик вращается с постоянной скоростью, соответствующей частоте, равной **10 об/с**; его кинетическая энергия равна **7840 Дж**. За сколько времени вращающий момент сил  $M = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , приложенный к этому маховику, увеличит угловую скорость в 2 раза?

5. Шар массой **1 кг** катится без скольжения, ударяется о стенку и откатывается от неё. Скорость шара до удара о стенку равна **10 см/с**, после удара **8 см/с**. Найти количество тепла  $Q$ , выделившееся при ударе.

6. Маховик, момент инерции которого равен **40 кг·м<sup>2</sup>**, начал вращаться равноускоренно из состояния покоя под действием момента силы **20 Н·м**. Вращение продолжалось в течение **10 с**. Определить кинетическую энергию, приобретенную маховиком и среднюю мощность за время вращения.

### Вариант 33

1. Зависимость пройденного телом пути  $S$  от времени  $t$  дается уравнением  $S = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $C = 0,14 \text{ м/с}^2$  и  $D = 0,01 \text{ м/с}^3$ . Через сколько времени после начала движения ускорение тела будет равно  $1 \text{ м/с}^2$ ? Чему равно среднее ускорение тела за это время?

2. Колесо вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $B = 1 \text{ рад/с}$ ;  $C = 1 \text{ рад/с}^2$ ;  $D = 1 \text{ рад/с}^3$ . Найти радиус колеса, если известно, что к концу второй секунды движения нормальное ускорение точек, лежащих на ободе колеса, равно **346 м/с<sup>2</sup>**.

3. Определить работу подъема груза по наклонной плоскости и среднюю мощность подъёмного устройства, если масса груза **100 кг**, длина наклонной плоскости **2 м**, угол ее наклона к горизонту **30°**, коэффициент трения **0,1**, ускорение при подъеме **1 м/с<sup>2</sup>**. У основания наклонной плоскости груз находился в покое.

4. Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязаны грузы массой **110** и **100 г**. С каким ускорением будут двигаться грузы, если масса блока равна **400 г**?

5. На какой угол надо отклонить однородный стержень, подвешенный на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня, чтобы нижний конец стержня при прохождении им положения равновесия имел скорость **5 м/с**? Длина стержня **1 м**.

6. Деревянный стержень массой **1000 г** и длиной **40 см** может вращаться около оси, проходящей через его середину перпендикулярно к стержню. В

конец стержня попадает пуля массой  $10\text{ г}$ , летящая перпендикулярно к оси и к стержню со скоростью  $200\text{ м/с}$ . Определить угловую скорость, которую получит стержень, если пуля застрянет в нем.

### Вариант 34

1. При равноускоренном движении из состояния покоя тело проходит за пятую секунду  $90\text{ см}$ . Какой путь пройдет тело за седьмую секунду?
2. Вал начинает вращаться и в первые  $10\text{ с}$  совершает  $50$  оборотов. Считая вращение вала равноускоренным, определить угловое ускорение и конечную угловую скорость.
3. Поезд массой  $500\text{ т}$  начинает подниматься с ускорением  $0,1\text{ м/с}^2$  по уклону  $10\text{ м}$  на  $1\text{ км}$  пути. Коэффициент трения равен  $0,02$ . Определить мощность, развиваемую локомотивом в конце пятой секунды движения.
4. Тело массой  $200\text{ г}$  свободно падает вертикально вниз с ускорением  $920\text{ см/с}^2$ . Чему равна средняя сила сопротивления воздуха?
5. Сплошной цилиндр массой  $4\text{ кг}$  катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Линейная скорость оси цилиндра равна  $1\text{ м/с}$ . Определить полную кинетическую энергию цилиндра.
6. Деревянный стержень массой  $800\text{ г}$  и длиной  $50\text{ см}$  может вращаться около оси, проходящей через его середину перпендикулярно к стержню. В конец стержня попадает пуля массой  $10\text{ г}$ , летящая перпендикулярно к оси и к стержню со скоростью  $600\text{ м/с}$ . Определить угловую скорость, которую получит стержень, если пуля застрянет в нем.

### Вариант 35

1. Уравнение движения тела дано в виде  $x = 15t + 0,4t^2$ . Определить начальную скорость и ускорение движения тела, а также скорость тела через  $5\text{ с}$ .
2. Колесо при вращении имеет начальную частоту  $5\text{ об/с}$ , после торможения его частота уменьшилась до  $3\text{ об/с}$ . Найти угловое ускорение колеса и число оборотов, сделанных им за  $1\text{ мин}$ .
3. Камень, скользящий по горизонтальной поверхности льда, останавливается, пройдя  $48\text{ м}$ . Определить начальную скорость камня, если известно, что коэффициент трения  $0,06$ .

4. Карандаш, поставленный вертикально, падает на стол. Какую угловую и линейную скорости будет иметь в конце падения: 1) середина карандаша; 2) верхний его конец? Длина карандаша **15 см**.

5. Шар катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Полная кинетическая энергия шара **14 Дж**. Определить кинетическую энергию поступательного и вращательного движения.

6. Шар массой **10 кг** и радиусом **20 см** вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид:  $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ , где  $A = 5$  рад;  $B = 4$  рад/с<sup>2</sup> и  $C = -1$  рад/с<sup>3</sup>. Какова величина момента сил и мощность в конце второй секунды?

### Вариант 36

1. Посадочная скорость пассажирского самолёта **135 км/ч**, а длина его пробега **500 м**. Определить время пробега по посадочной полосе и ускорение самолета, считая движение равнозамедленным.

2. Зависимость угла поворота радиуса вращающегося колеса от времени дана уравнением  $\varphi = 4 + 5t^2 - t^3$ . Найти в конце первой секунды вращения угловую скорость колеса, а также линейную скорость и полное ускорение точки, лежащей на ободе колеса радиусом **20 см**.

3. Брусok массой **2 кг** скользит по горизонтальной поверхности под действием груза массой **0,5 кг**, прикрепленного к концу нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок. Коэффициент трения бруска о поверхность равен **0,1**. Найти ускорение и силу натяжения нити.

4. Граната, летящая со скоростью **10 м/с**, разорвалась на два осколка. Большой осколок, масса которого составляла **60%** от всей массы гранаты, продолжал двигаться в прежнем направлении, но с увеличенной скоростью, равной **25 м/с**. Найти скорость малого осколка.

5. Кинетическая энергия вала, вращающегося с постоянной частотой **5 об/с**, равна **60 Дж**. Найти момент импульса и мощность в этот момент времени, если вал остановился за **10 с**.

6. Мальчик катит обруч по горизонтальной дороге со скоростью **7,2 км/ч**. На какое расстояние может вкатиться обруч на горку за счёт кинетической энергии? Уклон горки равен **10 м** на каждые **100 м** пути.

### Вариант 37

1. Мяч бросили со скоростью  $10 \text{ м/с}$  под углом  $40^\circ$  к горизонту. Найти: 1) на какую высоту поднимется мяч; 2) на каком расстоянии от места бросания мяч упадет на землю; 3) сколько времени он будет в движении. Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Тело вращается так, что зависимость угловой скорости от времени дается уравнением  $\omega = 2 + 0,5t$ . Найти полное число оборотов, совершенных телом за  $20 \text{ с}$  после начала движения.

3. Автомобиль массой  $1 \text{ т}$  поднимается по шоссе с уклоном  $30^\circ$  под действием силы тяги  $700 \text{ Н}$ . Коэффициент трения между шинами автомобиля и поверхностью шоссе  $0,1$ . Найти ускорение автомобиля.

4. Тело весом  $9,8 \text{ Н}$ , движущееся горизонтально со скоростью  $1 \text{ м/с}$ , догоняет второе тело весом  $4,9 \text{ Н}$  и неупруго сталкивается с ним. Какую скорость получат тела, если: 1) второе тело стояло неподвижно; 2) второе тело двигалось со скоростью  $0,5 \text{ м/с}$  в том же направлении, что и первое; 3) второе тело двигалось со скоростью  $0,5 \text{ м/с}$  в направлении, противоположном направлению движения первого тела.

5. Маховик вращается по закону  $\varphi = 10 + 6t + t^2$ . Спустя  $10 \text{ с}$  от начала вращения развиваемая мощность равна  $400 \text{ Вт}$ . Определить радиус маховика, если его масса  $50 \text{ кг}$  и он однородный.

6. Горизонтальная платформа массой  $100 \text{ кг}$  вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, делая  $10 \text{ об/мин}$ . Человек весом  $588 \text{ Н}$  стоит при этом на краю платформы. Какую работу совершит человек при переходе от края платформы к ее центру? Считать платформу круглым однородным диском, а человека - точечной массой. Радиус платформы равен  $1,5 \text{ м}$ .

### Вариант 38

1. Тело, имея начальную скорость  $5 \text{ м/с}$ , прошло за пятую секунду путь, равный  $4,5 \text{ м}$ . Определить ускорение и путь, пройденный телом за  $10 \text{ с}$ .

2. Колесо радиусом  $5 \text{ см}$  вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $B = 1 \text{ рад/с}$  и  $C = 1 \text{ рад/с}^3$ . Найти для точек на ободе колеса угловую и линейную скорости, а также угловое ускорение в конце третьей секунды.

3. Конькобежец весом  $686 \text{ Н}$ , стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень весом  $29,4 \text{ Н}$  со скоростью  $8 \text{ м/с}$ . Найти, на какое расстояние откатится при этом конькобежец, если известно, что коэффициент трения коньков о лед равен  $0,02$ .



4. Момент инерции диска относительно оси, проходящей через один из его диаметров, равен  $2 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Определить диаметр диска, если его масса 500 г.
5. Обруч и диск имеют одинаковую массу и катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Кинетическая энергия обруча равна 39,2 Дж. Найти кинетическую энергию диска.
6. Горизонтальная платформа массой 100 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, делая 10 об/мин. Человек массой 60 кг стоит при этом на краю платформы. Радиус платформы равен 1,5 м. Какую работу совершает человек при переходе от края платформы к ее центру? Считать платформу круглым однородным диском, а человека – точечной массой.

### Вариант 39

1. Камень, брошенный со скоростью 12 м/с под углом к горизонту, упал на землю на расстоянии  $S$  от места бросания. С какой высоты надо бросить камень в горизонтальном направлении, чтобы при той же начальной скорости он упал на то же место?
2. Колесо, вращаясь равноускорено, достигло угловой скорости 20 рад/с через 10 об после начала вращения. Найти угловое ускорение колеса.
3. Под действием постоянной силы  $F = 9,8 \text{ Н}$  тело движется прямолинейно так, что зависимость пройденного телом пути от времени задаётся уравнением  $S = A + Bt + Ct^2$ , где постоянная  $C = 1 \text{ м/с}^2$ . Найти массу тела.
3. Вал массой 100 кг и радиусом 5 см вращался с частотой 8 об/с. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой  $F = 40 \text{ Н}$ , под действием которой вал остановился через 10 с. Определить коэффициент трения.
4. Обруч диаметром 60 см висит на гвозде, вбитом в стену, и совершает колебания в плоскости, параллельной стене. Момент инерции обруча равен  $2,25 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Найти массу обруча.
5. Определить линейную скорость центра шара, скатившегося с наклонной поверхности высотой 1 м.

6. Человек весом  $588\text{ Н}$  находится на неподвижной платформе массой  $100\text{ кг}$ . Какое число оборотов в минуту будет делать платформа, если человек будет двигаться по окружности радиусом  $5\text{ м}$  вокруг оси вращения? Скорость движения человека относительно платформы равна  $4\text{ км/ч}$ , радиус платформы  $10\text{ м}$ . Считать платформу однородным диском, а человека – материальной точкой.

### Вариант 40

1. С вышки бросили камень в горизонтальном направлении. Через  $2\text{ с}$  камень упал на землю на расстоянии  $40\text{ м}$  от основания вышки. Определить начальную и конечную скорости камня.

2. Точка движется по окружности радиусом  $2\text{ см}$ . Зависимость пути от времени дается уравнением  $x = Ct^3$ , где  $C = 0,1\text{ см/с}^3$ . Найти нормальное и тангенциальное ускорения точки в момент, когда линейная скорость точки равна  $0,3\text{ м/с}$ .

3. Автомобиль массой  $1,5\text{ т}$  поднимается по шоссе с уклоном  $20^\circ$  под действием силы тяги  $9000\text{ Н}$ . Коэффициент трения между шинами автомобиля и поверхностью шоссе принять равным  $0,15$ . Найти ускорение автомобиля.

4. Из орудия массой  $5 \cdot 10^3$  вылетает снаряд весом  $960\text{ Н}$ . Кинетическая энергия снаряда при вылете равна  $7,5 \cdot 10^6\text{ Дж}$ . Какую кинетическую энергию получает орудие вследствие отдачи?

5. Цилиндр диаметром  $10\text{ см}$  катится без скольжения по горизонтальной плоскости, делая  $6\text{ об/с}$ . Масса цилиндра  $0,5\text{ кг}$ . Найти кинетическую энергию цилиндра.

6. Человек стоит на скамье Жуковского и ловит рукой мяч массой  $0,4\text{ кг}$ , летящий в горизонтальном направлении со скоростью  $20\text{ м/с}$ . Траектория мяча проходит на расстоянии  $0,8\text{ м}$  от вертикальной оси вращения скамьи. С какой угловой скоростью начнет вращаться скамья с человеком, если суммарный момент инерции человека и скамьи равен  $6\text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ?



Составители:  
Искра Михайловна Дзю

## **ФИЗИКА**

### **Часть 1**

## **МЕХАНИКА**

Методические указания с заданиями  
для контрольных работ

Редактор *Т.К. Коробкова*  
Компьютерная верстка *В.Н. Зенина*

Подписано в печать ... 2019 г. Формат 60х84  
Объем 2 уч.-изд.л., усл 2.25 печ.л. Тираж 50 экз.

---

Отпечатано в издательском центре НГАУ «Золотой колос»  
630009, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.  
Тел. (383) 267-0910. E-mail: 2134539@mail.ru