

## ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие представляет собой сборник вопросов и задач, составленный в соответствии с углублённой программой по физике для 9-11 профильных физико-математических классов средней школы.

Сборник содержит по каждой теме большое количество качественных вопросов и задач, расположенных по возрастающей степени трудности и разбитых на группы сложности А, В, С и D, что позволяет использовать его как пособие для индивидуальных и групповых занятий с преподавателем в классе и самостоятельных занятий учащихся дома.

**Простые задачи (группа А).** Основная цель задач и качественных вопросов этой группы - самостоятельная работа учащегося с учебником и лекционным материалом при изучении новой темы. Решение задач группы А необходимо для усвоения терминологии и понимания основных явлений, физических моделей и законов. Задачи данной группы рекомендованы к обязательному выполнению учащимися в составе домашних заданий.

**Средние задачи (группа В).** Основная цель задач и качественных вопросов этой группы - выработать у учащихся необходимые навыки к решению задач и закрепить материал темы. Задачи данной группы предназначены для решения учащимися в классе и дома в составе домашних заданий.

**Сложные и очень сложные задачи (группы С и D).** Основная цель задач этой группы - углубить знания учащегося по разделам курса, выработать навыки и приёмы решения комплексных задач, содержащих материал нескольких разделов. Задачи данной группы предназначены для решения учащимися в классе и дома в составе домашних заданий. Задачи группы D могут также использоваться при подготовке учащихся к предметным олимпиадам.

В конце каждого тематического задания дан список задач для решения дома и приведён перечень соответствующих теоретических разделов из рекомендованных учебников.

В сборник вошли известные, методически ценные, но разбросанные по разным изданиям задачи, а также некоторое количество оригинальных, составленных авторами задач, которые предлагались в течение ряда лет учащимся физико-математического и химического отделений Московского химического лицея № 1303.

Задачник предназначен для учащихся гимназий и лицеев естественно-научного цикла с углублённым изучением физико-математических дисциплин. Его можно рекомендовать также преподавателям физики и учащимся средних школ для подготовки к предметным олимпиадам и вступительным экзаменам в ВУЗы на естественно-научные специальности.

*Авторы*

---

## КИНЕМАТИКА

### Задание №9-1. Равномерное прямолинейное движение

#### Задачи простые

**A1.1.** Тело совершает движение из точки  $A$  в точку  $B$  в плоскости  $(x,y)$  (рис. 1.1). Определить путь, пройденный телом, и модуль перемещения.

**A1.2.** В условиях задачи A1 тело перешло из точки  $A$  в точку  $B$  за время  $\tau=6$  с. Определить среднюю путевую скорость и модуль средней скорости.

**A1.3.** Ученик нарисовал три зависимости пути  $S$ , пройденного материальной точкой, от времени  $t$  (рис. 1.2). Какие из них могут иметь место в действительности?

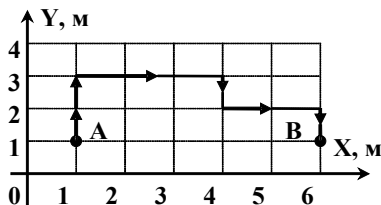


Рис. 1.1

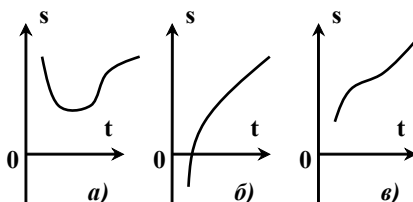


Рис. 1.2

**A1.4.** В каких случаях названные ниже тела можно рассматривать как материальные точки: а) поезд, движущийся на участке Москва-Владимир; б) космический аппарат, летящий к далекой планете; в) стол, перемещаемый по аудитории; г) космический аппарат, передвигаемый по стартовой площадке?

**A1.5.** Какие из зависимостей описывают равномерное движение: 1)  $x = 4t + 2$ ; 2)  $x = 2t$ ; 3)  $x = 4 + t$ ; 4)  $x = 0.01t^2$ ; 5)  $V = 7$ ; 6)  $V = 3t$ , где  $x$  - координата,  $t$  - время?

**A1.6.** Грибник прошел по лесу с запада на восток расстояние  $S_1=4$  км и после остановки - с юга на север  $S_2=3$  км. Какой путь  $l$  прошел при этом грибник? Какова абсолютная величина перемещения грибника? Постройте траекторию и перемещение грибника.

**A1.7.** Камень, поднявшись на высоту  $4$  м, упал на место, откуда его подбросили: а) назовите и изобразите на чертеже траекторию камня; б) на чертеже изобразите перемещение  $\Delta r_1$  камня за время подъема на максимальную высоту и найдите путь  $H$ , пройденный им при этом; в) то же для перемещения  $\Delta r_2$  и пути  $l_2$ , за время падения камня; г) определите перемещение  $\Delta r$  камня и путь  $l$ , пройденный им, за время движения камня. Установите и запишите связь между перемещениями  $\Delta r_1$ ,  $\Delta r_2$ , и  $\Delta r$ , а также между перемещениями  $\Delta r_1$  и  $\Delta r_2$ ?

**A1.8.** Материальная точка движется из  $A$  в  $B$  по отрезку прямой длиной  $100\text{ м}$ . Может ли пройденный ею путь быть равным  $130\text{ м}$ , когда она переместится из  $A$  в  $B$ ?

**A1.9.** Какие из приведенных зависимостей описывают равномерное движение: а)  $V=2$ ; б)  $V=3t - 1$ ; в)  $S = 8t$ ?

**A1.10.** По данным графикам зависимости координаты  $x$  от времени (рис. 1.3) сравнить скорости двух тел.

**A1.11.** По данному графику зависимости координаты  $x$  от времени  $t$  (рис. 1.4) построить график зависимости проекции скорости от времени.

**A1.12.** Стратонавты рассказывают, что если не обращать внимания на показания приборов, то невозможно определить поднимается или опускается и движется ли вообще стратостат. Чем это объяснить?

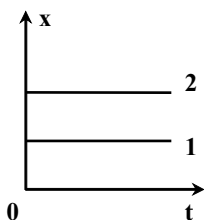


Рис. 1.3

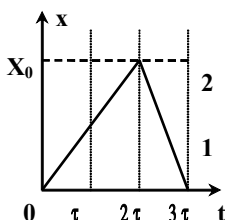


Рис. 1.4

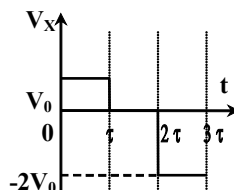


Рис. 1.5

### Задачи средние

**B1.1.** По графику зависимости  $V_x(t)$  (рис. 1.5) построить графики координаты  $x(t)$  и пути  $S(t)$ .

**B1.2.** Первую четверть пути человек прошел со скоростью  $4\text{ км/час}$ , вторую четверть - со скоростью  $8\text{ км/час}$ , оставшийся путь - со скоростью  $12\text{ км/час}$ . Найти среднюю путевую скорость на всем пути.

**B1.3.** Самолет летит из пункта  $A$  в пункт  $B$  и возвращается назад в пункт  $A$ . Скорость самолета в безветренную погоду равна  $V$ . Найти среднюю скорость самолета за весь полёт в случаях: а) ветер дует со скоростью  $U$  из пункта  $A$  в пункт  $B$ ; б) ветер дует со скоростью  $U$  перпендикулярно движению самолёта.

**B1.4.** По данному графику зависимости  $x(t)$  (рис. 1.6) построить графики пути  $S(t)$  и проекции скорости  $V_x(t)$ .

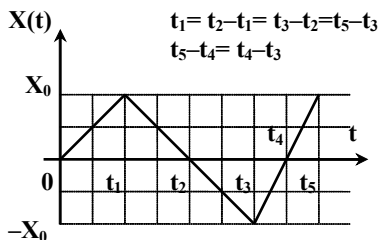


Рис. 1.6

**B1.5.** Из пункта  $A$  в пункт  $B$ , расстояние между которыми  $L$ , выходят два пешехода поочередно через время  $t_0$ . Скорость первого -  $V_1$ , второго -  $V_2$ . Через какое время произойдет встреча и на каком расстоянии от пункта  $A$ ? от пункта  $B$ ?

**В1.6.** Теплоход, имеющий длину  $l=300$  м, движется по прямому курсу в неподвижной воде со скоростью  $V_1$ . Катер, имеющий скорость  $V_2=90$  км/час, проходит расстояние от кормы движущегося теплохода до его носа и обратно за время  $t=37,5$  сек. Найти скорость  $V_1$  теплохода.

**В1.7.** Точка движется по прямой согласно уравнению  $x = at + bt^3$ , где  $a$  и  $b$  - константы. Определите среднюю скорость точки в интервале времени от  $t_1$  до  $t_2$ .

**В1.8.** Из пунктов  $A$  и  $B$ , расстояние между которыми  $300$  м, одновременно навстречу друг другу вышли два пешехода: один со скоростью  $1$  м/с, второй со скоростью  $2$  м/с. Через какое время и на каком расстоянии от пункта  $B$  они встретятся?

**В1.9.** Из пунктов  $A$  и  $B$ , расстояние между которыми  $l$ , движутся в одном направлении два тела со скоростями  $V_1$  и  $V_2$  ( $V_1 > V_2$ ), причём из точки  $B$  тело начало двигаться спустя время  $t_0$  после начала движения тела из пункта  $A$ . Через какое время тела встретятся?

**В1.10.** Радиолокатор ГАИ засёк координаты машины  $x_1=60$  м и  $y_1=100$  м. Через  $2$  с координаты были  $x_2=100$  м и  $y_2=80$  м. Превысил ли водитель допустимую скорость в  $60$  км/ч?

**В1.11.** Два катера идут по реке а) в одну сторону; б) в противоположных направлениях с различными скоростями. В момент, когда они поравнялись, с катеров были сброшены одинаковые спасательные круги. Спустя четверть часа катера повернули обратно и с прежними скоростями направились к брошенным в воду кругам. Какой из них дойдёт до кругов раньше?

### Задачи сложные

**С1.1.** Человек бежит по эскалатору. В первый раз он насчитал  $n_1=60$  ступенек, во второй раз, двигаясь со скоростью втрое большей, он насчитал  $n_2=90$  ступенек. Сколько ступенек он насчитал бы на неподвижном эскалаторе?

**С1.2.** Моторная лодка, двигаясь по течению, проходит расстояние между пунктами  $A$  и  $B$  за время  $t_1=3$  часа, а двигаясь против течения, за время  $t_2=6$  часов. За какое время расстояние между пунктами  $A$  и  $B$  преодолееет плот?

**С1.3.** По графикам зависимостей  $V_x(t)$  и  $V_y(t)$  (рис. 1.7) построить траекторию движения частицы. Найти путь и модуль перемещения частицы. В начальный момент частица находилась в начале системы координат.

**С1.4.** Из города  $A$  в город  $B$  по прямой дороге отправляется грузовая машина со скоростью  $V_1=40$  км/час. Спустя  $t_0=1,5$  часа из  $B$  в  $A$  выходит легковая машина со скоростью  $V_2=80$  км/час.

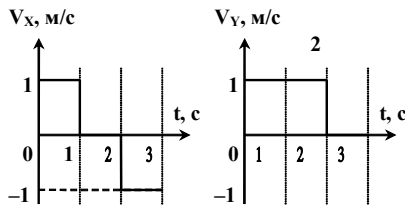


Рис. 1.7

Через какое время  $t_1$  после отправления легковой машины и на каком расстоянии  $d$  от  $B$  встретятся машины, если в момент прибытия легковой машины в  $A$  грузовая прошла путь  $S=100$  км. Задачу решить графически.

**С1.5.** Груз поднимают вверх с помощью веревок, перекинутых через два неподвижных блока (рис. 1.8). Определить скорость груза в тот момент, когда угол между веревками равен  $2\alpha$ . Скорость выбирания веревок постоянна и равна  $V$ .

**С1.6.** Катер, двигаясь вниз по течению, затратил времени в 3 раза меньше, чем на обратный путь. Определите, с какими скоростями относительно берега двигался катер, если средняя скорость на всём пути составила 3 км/ч.

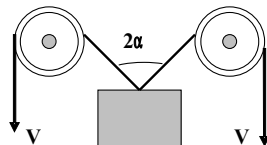


Рис. 1.8

**С1.7.** Спортсмены бегут колонной длины  $l$  с одинаковой скоростью  $V$ . Навстречу колонне бежит тренер со скоростью  $U$  ( $U < V$ ). Каждый спортсмен, поравнявшись с тренером, бежит назад с той же скоростью  $V$ . Какова будет длина колонны, когда все спортсмены развернутся? Рекомендация: перейдите в систему отсчёта тренера.

**С1.8.** По кольцевому шоссе движутся два мотоциклиста со скоростями  $V_1$  и  $V_2$ . Если они оба будут двигаться в одну сторону, то первый мотоциклист будет обгонять другого через каждые 56 минут, а если – в разные, то будут встречаться через каждые 8 минут. Найти отношение  $V_1/V_2$ .

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

А: все.

В: 1.1, 1.2, 1.5, 1.6, 1.8.

С: 1.1-1.3, 1.5, 1.8.

### Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 1.1-1.9.

2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 1.1-1.7.

3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 1-7, 9.

4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 1-15.

5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 1-3.

## КИНЕМАТИКА

### Задание №9-2. Равнопеременное прямолинейное движение

#### Задачи простые

**A2.1.** Тело брошено вертикально вниз с начальной скоростью  $V_0=100$  м/с. Какую скорость будет иметь тело через  $t=2$  секунды? Ускорение свободного падения  $g=9,8$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

**A2.2.** Какие из приведенных зависимостей описывают равнопеременное движение вдоль оси  $x$ : а)  $V_x=3-2t$ ; б)  $x=2t-t^2$ ; в)  $x=7t+t^3$ ; г)  $x=5-t+2t^2$ ?

**A2.3.** Уравнение для координаты материальной точки имеет вид:  $x=5-2t+t^2$ . Напишите уравнение для проекции скорости  $V_x$  этой точки.

**A2.4.** Тело движется равноускоренно с ускорением  $2$  м/с<sup>2</sup> вдоль прямой без начальной скорости. Какой путь прошло тело за: а) 1-ю секунду? б) за первые пять секунд? в) за пятую секунду?

**A2.5.** Опишите словесно движение материальных точек, графики зависимости ускорения от времени  $a(t)$  которых даны на рис. 2.1.

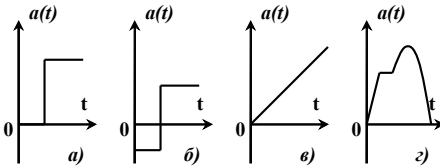


Рис. 2.1

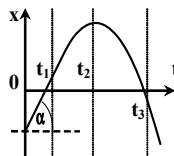


Рис. 2.2

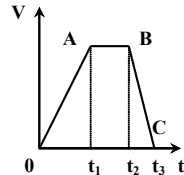


Рис. 2.3

**A2.6.** На рис. 2.2 дан график зависимости координаты точки от времени. Объясните, какое движение изображено. Постройте графики зависимостей пути, скорости и ускорения от времени (График в интервале  $t_1-t_3$  парабола).

**A2.7.** Как по графику  $V(t)$  (рис. 2.3) найти путь, пройденный телом к моменту времени  $t_2$ ?

**A2.8.** Автомобиль движется с ускорением  $2$  м/с<sup>2</sup> и за  $5$  с проходит путь  $125$  м. Какова начальная скорость автомобиля.

**A2.9.** По данному графику зависимости проекции скорости от времени  $V_x(t)$  (Рис. 2.4) построить график, зависимости координаты и пути от времени:  $x(t)$  и  $S(t)$ .

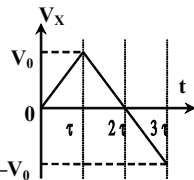


Рис. 2.4

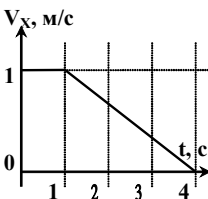


Рис. 2.5

**A2.10.** Дан график зависимости проекции скорости тела  $V_x$  от времени  $t$  (рис. 2.5). Определить путь, пройденный телом за  $\tau = 4$  с.

### Задачи средние

**B2.1.** Тело проходит за первую секунду -  $3\text{ м}$ , за вторую секунду -  $2\text{ м}$ , за третью -  $3\text{ м}$ . Является ли такое движение равномерным? Равноускоренным?

**B2.2.** Дан график зависимости проекции скорости тела  $V_x$  от времени  $t$  (рис. 2.6). Определить путь  $S$ , пройденный телом за время  $\tau=4\text{ с}$ .

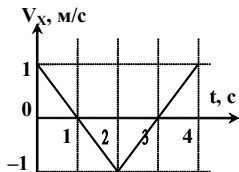


Рис. 2.6

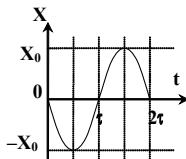


Рис. 2.7

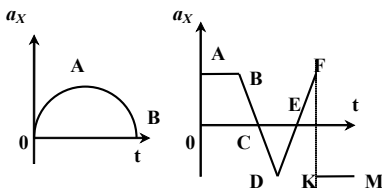


Рис. 2.8

**B2.3.** По данному графику координаты (рис. 2.7) построить зависимости проекций скорости и ускорения от времени.

**B2.4.** Качественно описать характер движения материальной точки по данным графикам зависимости проекции ускорения от времени (рис. 2.8).

**B2.5.** Даны зависимости проекций скорости  $V_x(t)$  и  $V_y(t)$  от времени (рис. 2.9). Найти зависимости  $x(t)$  и  $y(t)$ , если в начальный момент тело находилось в начале координат. По полученным зависимостям  $x(t)$  и  $y(t)$  построить траекторию тела в плоскости  $x, y$ .

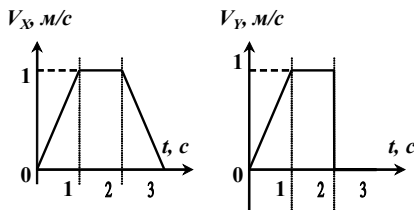


Рис. 2.9

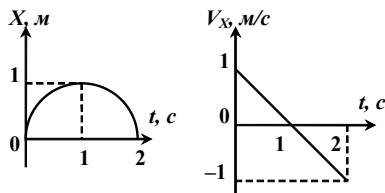


Рис. 2.10

**B2.6.** На рис. 2.10 представлены зависимости координаты и проекции скорости от времени. Соответствуют ли они движению одного и того же тела?

**B2.7.** По данному графику  $x(t)$  (рис. 2.11) постройте зависимость проекции скорости тела от времени  $V_x(t)$ .

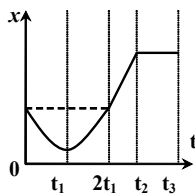


Рис. 2.11

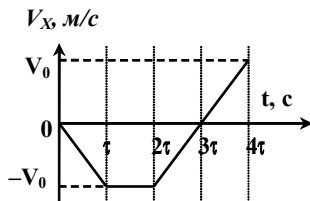


Рис. 2.12

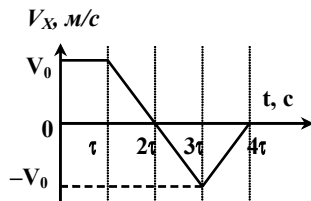


Рис. 2.13

**B2.8.** С какой начальной скоростью вертикально вверх было брошено тело, если оно упало на землю через  $2\text{ с}$ ?

**B2.9.** По данному графику  $V_x(t)$  (Рис. 2.12) построить графики  $x(t)$  и  $S(t)$ . Считать  $x(0)=0$ .

**B2.10.** По данному графику  $V_x(t)$  (Рис. 2.13) построить графики  $x(t)$  и  $S(t)$ . Считать  $x(0)=0$ .

**B2.11.** В каком случае для расчета средней путевой скорости справедливо соотношение  $V_{\text{ср}} = \sum(V_i/n)$ ? Здесь  $n$  - число участков, на которые разбит весь путь.

**B2.12.** Два тела бросили с поверхности земли вертикально вверх: одно - со скоростью  $V_1$ , другое - со скоростью  $V_2 > V_1$ . Постройте графики зависимости проекций скорости, модуля скорости и координаты от времени для каждого из тел. Какой вид имеет зависимость расстояния  $l$ , между телами от времени в процессе их полета?

**B2.13.** Два тела, одно из которых находится на высоте  $H$ , другое - на высоте  $2H$ , отпускают без начальной скорости. Через какой интервал времени следует отпустить нижнее тело после верхнего, чтобы оба тела упали на землю одновременно?

**B2.14.** Два тела начинают падать одновременно с разных высот  $H$  и  $h$  ( $H > h$ ) и достигают земли одновременно. Какую начальную скорость сообщили верхнему телу, если нижнее падало свободно?

**B2.15.** Свободно падающее тело прошло последние  $30\text{ м}$  пути за  $0.5\text{ с}$ . С какой высоты упало тело?

**B2.16.** За последнюю секунду свободно падающее без начальной скорости тело пролетает  $3/4$  всего пути. Сколько времени падало тело?

**B2.17.** Два шарика пущены по выпуклому и вогнутому желобам из точки  $A$  (рис. 2.14). Радиусы кривизны желобов равны. Как будут отличаться скорости и времена движения шариков к моменту их прибытия в точку  $B$ . Трением пренебречь.

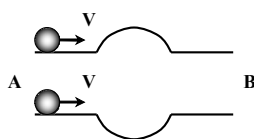


Рис. 2.14

### Задачи сложные

**C2.1.** Два тела брошены вертикально вверх из одной точки, одно вслед за другим с интервалом в  $\tau$  секунд, с одинаковыми начальными скоростями  $V_0$ . Через сколько времени оба тела встретятся?

**C2.2.** С каким промежутком времени оторвались от карниза крыши две капли, если спустя две секунды после начала падения второй капли расстояние между каплями было  $25\text{ м}$ ? Трением воздуха пренебречь.

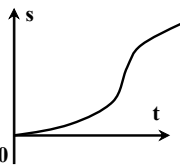


Рис. 2.15

**C2.3.** По данному графику зависимости пути от времени (рис. 2.15) определить момент времени  $t_0$ , в который мгновенная скорость равна средней скорости за первые  $t_0$  секунд.



**C2.4.** Частица движется вдоль оси  $x$  по закону  $x=at(t-1)$ , где  $a$  - константа. Найти путь, пройденный частицей за время от  $t_0=0$  до  $t_1=1$ .

**C2.5.** Аэростат поднимается от Земли вертикально вверх с ускорением  $a$ . Через  $\tau$  секунд от начала движения из него выпал предмет. Через сколько времени этот предмет упадет на Землю? Какой путь он пройдет за это время?

**C2.6.** Тело трогается с места и движется далее прямолинейно с постоянным ускорением. Найдите отношение путей, проходимых телом за пятую и вторую секунды движения.

**C2.7.** От движущегося поезда отцепляют последний вагон. Поезд продолжает двигаться с той же скоростью. Как будут относиться пути, пройденные вагоном и поездом до момента остановки вагона? Вагон движется равнозамедленно.

**C2.8.** С аэростата, находящегося на высоте **100 м** и движущегося вверх с постоянной скоростью **5 м/с**, выпал предмет. Нарисуйте для предмета графики зависимостей проекции скорости  $V_x$  и координаты  $x$ , считая ее направленной вверх от земли. Принять  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

**C2.9.** Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $V_0$ . Какой вид имеет зависимость координаты тела от его скорости?

**C2.10.** Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $V_0$ . Какое время оно будет находиться выше уровня высоты  $H$ ?

**C2.11.** Дан график изменения скорости прямолинейного движения тела во времени  $V(t)$  (рис. 2.16). Определить зависимость скорости движения от пройденного пути и нарисовать график  $V(x)$ .

**C2.12.** Для прямолинейного движения дан график зависимости проекции скорости от времени (Рис. 2.17). Нарисовать графики зависимости проекции ускорения от времени, пути от времени, координаты от времени. Принять  $x(0)=0$ .

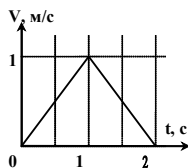


Рис. 2.16

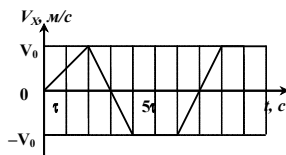


Рис. 2.17

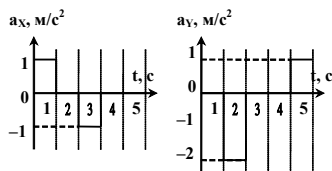


Рис. 2.18

**C2.13.** В последнюю секунду свободного падения тело пролетело путь вдвое больший, чем в предыдущую секунду. С какой высоты падало тело?

**C2.14.** Тело падает с высоты  $H=100 \text{ м}$  без начальной скорости. За какое время тело проходит первый и последний метр своего пути? Какой-путь проходит тело за первую и последнюю секунду своего движения?

**C2.15.** Тело, брошенное вертикально вверх, проходит в первую секунду половину высоты подъема. Какой путь пройдет тело в последнюю секунду падения?

**C2.16.** Частица движется в плоскости  $(x,y)$  так, что проекции ускорения  $a_x(t)$  и  $a_y(t)$  имеют вид, изображенный на рис. 2.18. Нарисуйте траекторию частицы, определите путь и модуль перемещения за  $\tau=5$  с.

**C2.17.** Тело, пущенное по наклонной плоскости вверх от основания со скоростью  $V_1=1.5$  м/с возвратилось в ту же точку со скоростью  $V_2=1.0$  м/с. Найти среднюю путевую скорость за время движения.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

A: все.

B: 2.1-2.9, 2.11, 2.13, 2.15.

C: 2.1, 2.3, 2.4, 2.6, 2.8-2.10, 2.14, 2.15.

### Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 1.7-1.22.

2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики

T.1. §§ 1.1-1.7, 3.1-3.6, 4.1-4.6.

3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения.

T.1. Механика. §§ 4-10.

4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики T.1. §§ 10-24.

5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. T.1. Механика. §§ 1-3, 7.

## КИНЕМАТИКА

### *Задание №9-3. Относительное движение. Движение по окружности*

#### Задачи простые

**A3.1.** Два автомобиля движутся навстречу друг другу со скоростями  $V_1=60$  км/ч и  $V_2=80$  км/час. Какова относительная скорость движения автомобилей? Как изменится ответ, если автомобили едут друг за другом?

**A3.2.** Может ли спортсмен на водных лыжах двигаться быстрее катера, который его везет?

**A3.3.** Как соотносятся между собой линейные скорости внешних и внутренних точек обода колеса движущегося автомобиля? Внешний радиус колеса  $R_1=30$  см, внутренний  $R_2=20$  см.

**A3.4.** Каким будет ускорение тела, если имеет место условие: а) вектор скорости тела = const, б) модуль скорости тела = const?

**A3.5.** Определить траекторию движения материальной точки имеющей начальную скорость, если на неё действует постоянная по величине сила: а) постоянная по направлению; б) направленная всегда перпендикулярно к скорости точки.

### Задачи средние

**B3.1.** Лодка движется строго перпендикулярно к берегу реки. С какой скоростью движется лодка относительно берега, если ее скорость в стоячей воде  $v = 5 \text{ км/час}$ , а скорость течения реки  $u = 3 \text{ км/час}$ ?

**B3.2.** Две точки движутся со скоростями  $V_1$  и  $V_2$  так, как показано на рис. 3.1. Найти построением скорость первой точки относительно второй. Определите модуль этой скорости, если  $\alpha = \beta = 60^\circ$ ,  $V_1 = V_2 = V$ . Определите построением наименьшее расстояние между точками.

**B3.3.** Лодочник, переправляясь через реку шириной  $H$  из пункта  $A$ , все время направляет лодку под углом  $\alpha$  к берегу (рис. 3.2). Определить скорость лодки относительно воды  $V_0$ , если скорость течения  $V_1$ , а лодку снесло ниже пункта  $B$  на расстояние  $L$ .

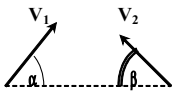


Рис. 3.1

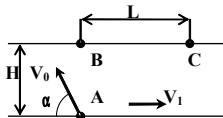


Рис. 3.2

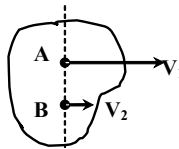


Рис. 3.3



Рис. 3.4

**B3.4.** Как движется тело, если две его точки  $A$  и  $B$  имеют неодинаковые скорости, направленные так, как показано на рис. 3.3.

**B3.5.** По краю вращающейся карусели радиусом  $R = 4.5 \text{ м}$  шагает мальчик, перемещаясь при этом со скоростью  $V = 1.6 \text{ м/с}$  относительно Земли. Повернув в обратную сторону, мальчик перестал перемещаться по отношению к Земле, шагая по карусели с прежней по модулю скоростью. Определите угловую скорость вращения карусели, а также скорость  $V_0$  движения мальчика относительно карусели до поворота.

**B3.6.** Стержень длиной  $l = 50 \text{ см}$  вращается с угловой скоростью  $\omega = 30 \text{ об/мин}$  вокруг перпендикулярной к нему оси, при этом один его конец движется вокруг оси с линейной скоростью  $V_1 = 57 \text{ см/с}$ . Найдите линейную скорость  $V_2$ , с которой движется другой конец стержня.

**B3.7.** Через блок радиусом  $R = 50 \text{ мм}$ , вращающийся вокруг закрепленной горизонтальной оси, перекинута нерастяжимая нить. Грузы, привязанные к концам нити, движутся с постоянной скоростью  $V = 20 \text{ см/с}$  относительно друг друга. Определите угловую скорость вращения блока  $\omega$ . Нить не проскальзывает по желобу блока.

**В3.8.** Приведите примеры, когда: а) нормальное ускорение тела отлично от нуля, а тангенциальное ускорение отсутствует; б) тангенциальное ускорение отлично от нуля, а нормальное ускорение отсутствует.

**В3.9.** На рис. 3.4 изображена траектория частицы. Известно, что на участке *1-2* модуль скорости убывал, на участке *2-3* возрастал, на прямолинейном участке *3-4* возрастал, а на участке *4-5* оставался неизменным. Покажите стрелками направление ускорения на каждом из участков.

**В3.10.** Тело, двигаясь из состояния покоя и равномерно ускоряясь, повернулось относительно центра окружности радиуса  $R$  на угол  $\pi/2$ , приобретя при этом скорость  $V$ . Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорения тела.

**В3.11.** Материальная точка движется по окружности радиуса  $R = 20 \text{ см}$  равноускоренно с тангенциальным ускорением  $a = 5 \text{ м/с}^2$  из состояния покоя. Через какое время  $t$  после начала движения нормальное ускорение будет больше тангенциального вдвое?

**В3.12.** Велосипедист движется по горизонтальному шоссе со скоростью  $V=15 \text{ км/час}$  (рис. 3.5). Чему равны скорости верхней *A* и нижней *B* точек обода колеса относительно шоссе? Относительно оси колеса? Проскальзыванием колес пренебречь.

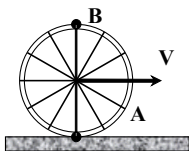


Рис. 3.5

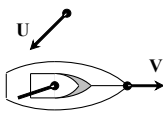


Рис. 3.6

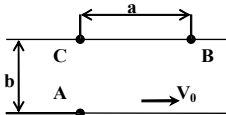


Рис. 3.7

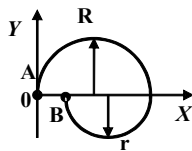


Рис. 3.8

### Задачи сложные

**С3.1.** Определить построением направление флага на яхте (рис. 3.6). Скорость яхты  $V$ , скорость ветра  $U$ .

**С3.2.** Идет вертикальный дождь со скоростью капель  $V$ . Во сколько раз больше капель попадает в единицу времени на куб, перемещающийся по горизонтальной плоскости со скоростью  $V$ , чем на точно такой же покоящийся куб? Направление движения совпадает с ребром куба.

**С3.3.** Поезд движется на восток со скоростью  $V_1=27 \text{ км/час}$  и пассажиру, сидящему у окна вагона, кажется, что ветер дует с севера. Сохраняя прежнее направление движения (на восток), поезд увеличивает скорость до  $V_2=54 \text{ км/час}$  и пассажиру уже кажется, что ветер дует с северо-востока. Определить направление ветра и его скорость относительно Земли.

**С3.4.** Человек на лодке должен попасть из точки *A* в точку *B*, находящуюся на противоположном берегу реки (рис. 3.7). Расстояние  $BC=a$ . Ширина реки  $AC=b$ . С какой наименьшей скоростью  $U$  относительно воды должна плыть лодка, чтобы приплыть к *B*? Скорость течения реки  $V_0$ .

**С3.5.** Заряженная частица движется в плоскости  $(x, y)$  из точки  $A$  в точку  $B$  так, как показано на рис. 3.8. Радиусы полуокружностей равны  $R$  и  $r$ . Определить модуль средней скорости частицы, если время движения по каждой из полуокружностей одинаково и равно  $\tau$ .

**С3.6.** Тело движется по окружности радиуса  $R$ , при этом зависимость тангенциального ускорения тела от времени имеет вид, представленный на рис. 3.9. Нарисуйте график зависимости нормального ускорения от времени, если начальная скорость тела равна нулю.

**С3.7.** Человек держит один конец доски, а другой её конец лежит на цилиндре (рис. 3.10). Доска при этом горизонтальна. Затем человек начинает двигать доску вперёд, катя цилиндр без проскальзывания. Доска тоже не проскальзывает по цилиндру. Какой путь должен пройти человек, чтобы достичь цилиндра, если длина доски  $l$ ?

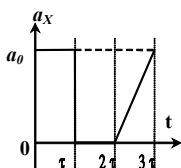


Рис. 3.9

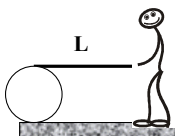


Рис. 3.10

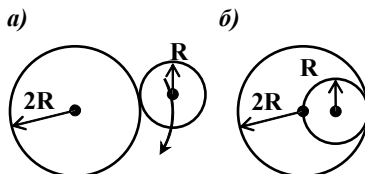


Рис. 3.11

**С3.8.** Цилиндрический каток радиусом  $R$  помещён между двумя параллельными рейками. Рейки движутся со скоростями  $V_1$  и  $V_2$ . Определить угловую и линейную скорости центра катка, если проскальзывание отсутствует. Рассмотреть случаи сонаправленного и противоположного движений реек.

**С3.9.** Диск радиуса  $R$  обкатывает неподвижный диск радиуса  $2R$  и делает вокруг него всего один оборот (рис. 3.11). Сколько раз он оборачивается вокруг своей оси за это время? Рассмотреть случаи а) и б).

**С3.10.** С какой скоростью движется по столу (без проскальзывания) катушка, когда конец горизонтальной нити, намотанной на катушку, перемещают со скоростью  $V$  (рис. 3.12). Рассмотреть случаи а) и б).

**С3.11.** По горизонтальной поверхности катится без проскальзывания колесо. Скорость поступательного движения колеса -  $V$ . Укажите точки на колесе, скорости которых относительно поверхности также равны  $V$ .

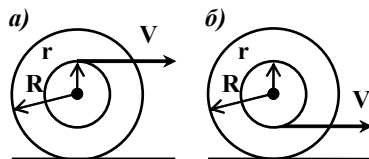


Рис. 3.12

скорости которых относительно поверхности также равны  $V$ .

**С3.12.** Найти радиус кривизны траекторий точек  $A$  и  $B$  обода колеса (рис. 3.13), если радиус колеса  $R$ , и оно катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости со скоростью  $V_0$ .

**С3.13.** Найти модули и направления скоростей точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  (рис. 3.13), если радиус колеса  $R$ , и оно катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости со скоростью  $V_0$ .

**С3.14.** Гайку накручивают на болт за время  $\tau$ . Длина болта  $l$ , резьба составляет угол  $\alpha$  с плоскостью гайки. Найдите угловую скорость гайки, если радиус болта равен  $R$ .

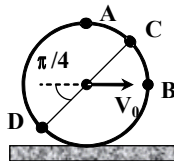


Рис. 3.13

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

A: все.

B: 3.1-3.10, 3.13.

C: 3.1, 3.5, 3.6, 3.8, 3.9, 3.11, 3.13.

### Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 1.26-1.31.

2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 3.1-3.6, 4.7-4.8.

3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 7-14.

4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 23-29.

5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 1-7.

## ДИНАМИКА

### Задание №9-4. Силы. Законы Ньютона

#### Задачи простые

**A4.1.** С помощью стального троса буксир тянет баржу, (от буксира к барже протянут стальной трос) в спокойной воде. Баржа движется равномерно. Указать, какие силы действуют на них.

**A4.2.** Изобразите силы, действующие на покоящееся тело, подвешенное к пружине.

**A4.3.** Найти величину и направление равнодействующей сил  $F_1$  и  $F_2$  для случаев, изображённых на рисунке 4.1.

**A4.4.** Может ли тело, к которому прикладывается единственная сила двигаться в сторону, противоположную направлению силы?

**A4.5.** Может ли автомобиль двигаться равномерно по горизонтальному шоссе с выключенным двигателем?

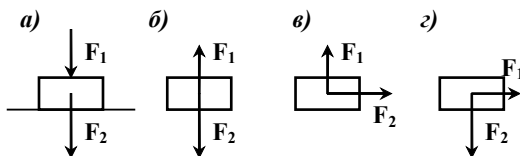


Рис. 4.1

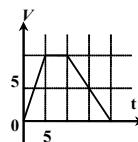


Рис. 4.2

**A4.6.** Действия каких сил компенсируются в следующих случаях: а) подводная лодка покоится в толще воды; б) подводная лодка лежит на твердом дне.

**A4.7.** Иногда первый закон Ньютона формулируют следующим образом: "Если сумма сил, действующих на тело, равна нулю, то оно сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения". Не следует ли ввести в эту формулировку дополнительное уточнение?

**A4.8.** Какие системы отсчета, связанные с перечисленными ниже телами, являются инерциальными: а) поезд трогается с места; б) шайба равномерно движется по гладкому льду; в) конькобежец скользит по льду на прямолинейном участке беговой дорожки с постоянной скоростью; г) автомобиль при его торможении?

**A4.9.** Какие углы может составлять равнодействующая всех сил, приложенных к телу, и а) вектор ускорения; б) вектор скорости?

**A4.10.** На поезд, движущийся по прямолинейному горизонтальному участку, действует постоянная сила тяги электровоза равная силе сопротивления. Какое движение совершает поезд?

**A4.11.** Масса легкового автомобиля равна **2000 кг**, а грузового **8000 кг**. Сравнить ускорения автомобилей, если сила тяги грузового автомобиля в 2 раза больше, чем легкового.

**A4.12.** На рис. 4.2 дан график изменения скорости тела массой **2 кг**. Найти силу, действующую на тело на каждом этапе движения.

**A4.13.** Груз, выпущенный из руки, свободно падает и находится в состоянии невесомости. А если тело брошено вверх?

**A4.14.** Бетонную плиту массой **500 кг** подъемным краном перемещают: а) равномерно вверх, б) равномерно вниз, в) горизонтально. Чему равны действующая на плиту сила тяжести и вес плиты в каждом из этих случаев.

### Задачи средние

**B4.1.** Второй закон Ньютона гласит, что одинаковые силы сообщают телам равных масс равные ускорения. Почему же в таком случае тележка набирает скорость медленнее в случае а), чем в случае б) (рис. 4.3)?

**B4.2.** Стрелок натягивает тетиву лука, действуя силой  $F=150\text{ Н}$ . Угол между ветвями тетивы  $120^\circ$  (рис. 4.4). Чему равна сила натяжения тетивы?

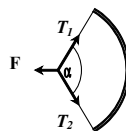


Рис. 4.4

**B4.3.** Мяч после удара футболиста летит вертикально вверх. Указать и сравнить силы, действующие на мяч: а) в момент удара; б) во время полета мяча вверх; в) во время полета мяча вниз; г) при ударе о землю.

**B4.4.** На рис. 4.5 показаны следующие эксперименты: а) тело брошено под углом к горизонту; б) тело соскальзывает с наклонной плоскости; в) тело вращается на нити в вертикальной плоскости; г) тело колеблется в вертикальной плоскости. Изобразите и поясните силы, приложенные к телу в каждом из этих примеров.

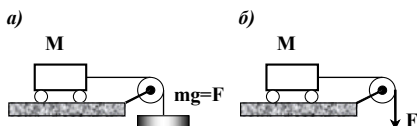


Рис. 4.3

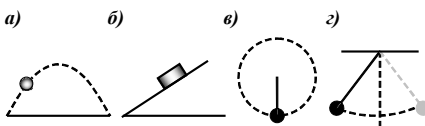


Рис. 4.5

**B4.5.** Мальчик тянет за собой на веревке санки; Покажите все силы, действующие на санки и на мальчика.

**B4.6.** Два тела, связанные нитью, а) соскальзывают с наклонной плоскости; б) поднимают вертикально вверх за одно из тел; в) перемещают по горизонтальной плоскости за одно из тел. Указать силы, приложенные к каждому из тел. Трение есть.

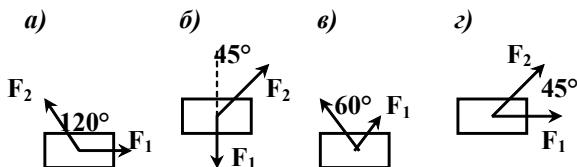


Рис. 4.6

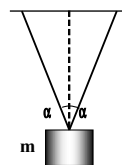


Рис. 4.7

**B4.7.** Найти величину и направление равнодействующей сил  $F_1$  и  $F_2$  для случаев, изображённых на рисунке 4.6.



**В4.8.** Груз массой  $m$  висит на двух тросах (рис. 4.7) Чему равен модуль силы натяжения тросов?

**В4.9.** Стальная проволока выдерживает груз, масса которого не превышает **600 кг**. С каким максимальным ускорением можно поднимать груз массой **500 кг**, чтобы проволока не оборвалась?

**В4.10.** На рисунке 4.8 показан фонарь, подвешенный на двух тросах. На фонарь действуют три силы: сила тяжести  $F_3$  и силы натяжения тросов  $F_1$  и  $F_2$ . Чему равна равнодействующая этих сил? Чему равна равнодействующая сил  $F_1$  и  $F_2$ ?

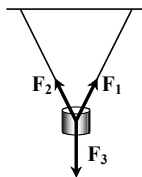


Рис. 4.8

**В4.11.** В каких случаях направления скорости и ускорения совпадают? Может ли тело двигаться с ускорением перпендикулярным к скорости движения?

### Задачи сложные

**С4.1.** Автомобиль движется по горизонтальному участку пути: а) равномерно; б) равноускоренно. Нарисуйте силы, действующие на автомобиль. Ведущими считать задние колёса.

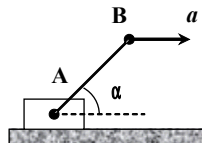


Рис. 4.9

**С4.2.** В каких случаях герои известной басни Крылова:

лебедь, щука и рак, - действительно не сдвинут воз, если считать, что силы их равны по модулю? Силу трения между возом и землей не учитывать.

**С4.3.** Брусок  $A$ , приводимый в движение нитью  $AB$  (рис. 4.9), скользит по гладкой горизонтальной плоскости. Масса бруска равна  $m$ , угол наклона нити равен  $\alpha$ , ускорение точки  $B$  равно  $a$ . Найти натяжение нити и давление бруска на плоскость.

**С4.4.** Два груза массами  $M_1$  и  $M_2$ , связанные нитью массой  $m$ , движутся с постоянным ускорением  $a$  по гладкой горизонтальной плоскости. Определить натяжение нити.

**С4.5.** Имеются две пружины одинаковой длины с коэффициентами жёсткости  $k_1$  и  $k_2$ . Определить коэффициент жёсткости системы из двух пружин соединённых: а) последовательно; б) параллельно.

**С4.6.** К концу пружины длины  $l$  подвешивают груз массой  $m$ . При этом длина пружины увеличивается на  $0.1l$ . В какой точке нерастянутой пружины нужно подвесить груз массой  $2m$ , чтобы точка его подвеса оказалась на одинаковом расстоянии от концов пружины? Груз  $m$  по-прежнему прикреплён к нижнему концу пружины.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

А: все.

В: 4.2-4.5, 4.7, 4.8, 4.10, 4.11.

С: 4.1, 4.2, 4.6.

## Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 2.1-2.14, 3.1-3.17.
2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 2.1-2.5, 5.1-8.5.
3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 15-18.
4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 30-48.
5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 9-17.

## ДИНАМИКА

### *Задание №9-5. Силы трения. Наклонная плоскость*

#### Задачи простые

**A5.1.** Брусек массой  $m=2\text{ кг}$  находится на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения при скольжении бруска равен  $k=0.2$ . Изобразить графически зависимость силы трения от силы тяги, приложенной к бруску вдоль плоскости скольжения. Явлением застоя пренебречь.

**A5.2.** Тело массой  $m=1\text{ кг}$  лежит на горизонтальной плоскости коэффициент трения  $k=0.1$ . На тело действует горизонтальная сила  $F$ . Определить силу трения для двух случаев:  $F=0.5\text{ Н}$  и  $F=2\text{ Н}$ .

**A5.3.** С какой минимальной горизонтальной силой  $F$  нужно подействовать на невысокий брусок массой  $m=1\text{ кг}$ , лежащий на шероховатой горизонтальной поверхности, чтобы сдвинуть его с места? Коэффициент трения между бруском и поверхностью  $\mu=0.5$ .

**A5.4.** Какая горизонтальная сила  $F$  требуется, чтобы тело массы  $m=2\text{ кг}$ , лежащее на горизонтальной поверхности, начало скользить по ней с ускорением  $a=0.2\text{ м/с}^2$ ? Коэффициент трения между телом и поверхностью  $k=0.02$ .

**A5.5.** Тело неподвижно лежит на наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту доске. Нарисуйте силы, действующие на тел. Как изменится рисунок, если тело: а) будет двигаться вниз по доске с постоянной скоростью; б) будет двигаться вниз по доске с постоянным ускорением?

**A5.6.** Чтобы определить коэффициент трения  $k$  между деревянными поверхностями, брусок положили на доску и стали поднимать один конец доски до тех пор, пока брусок не начал по ней скользить. Это произошло при угле наклона доски  $\alpha=14^\circ$ . Чему равен  $k$ ?

**A5.7.** Брусок равномерно перемещают по поверхности стола (рис. 5.1). Сила упругости, возникающая при деформации пружины динамометра,  $F$ . Чему равна сила трения, действующая на брусок?

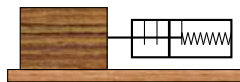


Рис. 5.1

### Задачи средние

**B5.1.** На грузовом автомобиле перевозят контейнер по горизонтальной дороге. От чего зависит и как направлена сила трения покоя, действующая на контейнер, когда автомобиль: а) покоится; б) ускоряет движение; в) движется равномерно и прямолинейно; г) двигаясь равномерно, поворачивает; д) тормозит? Во всех случаях контейнер покоится относительно автомобиля.

**B5.2.** Какой минимальной силой  $F_0$  нужно действовать под углом  $30^\circ$  к горизонту на брусок массой  $0.1 \text{ кг}$ , лежащий на шероховатой горизонтальной поверхности, чтобы сдвинуть его с места (рис. 5.2 а)? Коэффициент трения бруска о поверхность  $0.5$ . Найти ускорение бруска  $a$ , если силой  $F_0$  действовать, как показано на рис. 5.2 б и в. Как ведет себя брусок в случае, изображенном на рис. 5.2 г?

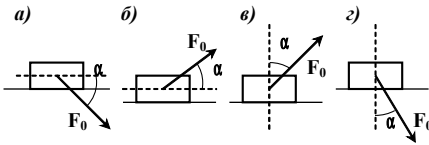


Рис. 5.2

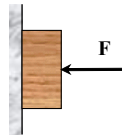


Рис. 5.3

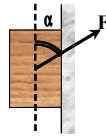


Рис. 5.4

**B5.3.** На брусок массой  $m=0.5 \text{ кг}$ , лежащий на горизонтальной плоскости, действует горизонтальная сила  $4.9 \text{ Н}$ . Гирю какой массы нужно положить на брусок, чтобы она оставалась в покое, если коэффициент трения покоя между плоскостью и бруском  $k=0.2$ ?

**B5.4.** С какой силой следует придавить к вертикальной стене тело массы  $m$ , чтобы оно двигалось вниз с ускорением  $1.8 \text{ м/с}^2$ ? Двигалось вниз равномерно? находилось в покое? Коэффициент трения равен  $0.5$ .

**B5.5.** Сила  $F=4mg$  прижимает брусок к неподвижной вертикальной стене (рис. 5.3). Коэффициент трения между бруском и стеной  $\mu = 0.5$ . Что происходит с бруском?

**B5.6.** Тело массы  $m$  движется вверх по вертикальной стене под действием силы  $F$ , направленной под углом  $\alpha$  к вертикали (рис. 5.4). Найти ускорение  $a$  тела. Коэффициент трения между телом и стеной -  $k$ .

**B5.7.** Брусок массой  $3 \text{ кг}$  движется равномерно и прямолинейно по доске под действием идеальной пружины, расположенной горизонтально. На сколько деформирована пружина, если её жесткость равна  $150 \text{ Н/м}$ ? Коэффициент трения бруска о доску равен  $0.25$ .

**B5.8.** Тело массы  $m$ , движущееся по горизонтальной плоскости с ускорением  $a$ , тянут параллельно поверхности за две соединенных последовательно пружины жесткости  $k_1$  и  $k_2$ . Каково суммарное удлинение пружин? Колебаний нет, массами пружин пренебречь. Коэффициент трения тела о плоскость  $\mu$ .

**B5.9.** Сила трения капле дождя о воздух пропорциональна квадрату их скорости и квадрату их радиуса. Какие капли крупные или мелкие долетают до земли с большей скоростью?

**B5.10.** Какую массу балласта надо сбросить с равномерно опускающегося аэростата, чтобы он начал равномерно подниматься с той же скоростью? Масса аэростата с балластом  $1200 \text{ кг}$ , подъёмная сила аэростата постоянна и равна  $8000 \text{ Н}$ . Силу сопротивления воздуха считать одинаковой при подъёме и при спуске.

**B5.11.** Определить минимальную силу для того, чтобы тело, находящееся на идеально гладкой наклонной плоскости: а) поднималось вдоль плоскости равномерно; б) поднималось с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ ; в) опускалось равномерно; г) опускалось с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ . Угол наклона плоскости к горизонтали  $30^\circ$ , масса тела  $1 \text{ кг}$ .

**B5.12.** Тело находится на наклонной плоскости. Коэффициент трения  $\mu$ . Построить график зависимости силы трения от угла  $\alpha$ , который наклонная плоскость составляет с плоскостью горизонта. Построить также график зависимости силы реакции  $Q$  со стороны наклонной плоскости от угла  $\alpha$ . Диапазон изменения угла от  $0$  до  $90^\circ$ .

**B5.13.** Найти ускорение  $a$  тела, соскальзывающего с наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . Коэффициент трения между телом и плоскостью  $k = 0.3$ .

**B5.14.** Для удержания тела на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  необходима минимальная сила  $F_1 = 11 \text{ Н}$ , а для равномерного подъёма  $F_2 = 17 \text{ Н}$ . Определить массу тела. Направления действия сил  $F_1$  и  $F_2$  параллельны наклонной плоскости.

**B5.15.** Наклонная плоскость расположена под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. При каких значениях коэффициента трения  $\mu$  втаскивать по ней груз труднее, чем поднимать его вертикально?

**B5.16.** Найти силу натяжения каната, необходимую для того, чтобы удержать в равновесии вагонетку на наклонной плоскости с углом  $30^\circ$ . Канат образует с горизонтом угол  $60^\circ$ . Трением пренебречь, масса вагонетки  $500 \text{ кг}$ .

**B5.17.** Санки можно удержать на ледяной горе с уклоном  $0.3$  силой, не меньшей  $F = 60 \text{ Н}$ , а предоставленные сами себе, они скатываются с ускорением  $a = 2 \text{ м/с}^2$ . Какую силу  $F_1$ , надо приложить к санкам, чтобы тянуть их в горку равномерно? Считать силы  $F$  и  $F_1$  направленными вдоль наклонной плоскости.

**B5.18.** На наклонной плоскости находятся тело массой  $m$ , на которое действует горизонтально направленная сила  $F$  (рис. 5.5). Определить ускорение тела  $a$  и силу, с которой оно давит на плоскость  $F_\partial$ . Коэффициент трения тела о плоскость равен  $k$ , наклонная плоскость составляет с горизонтом угол  $\alpha$ .

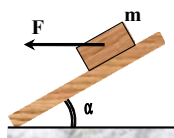


Рис. 5.5

**B5.19.** Ленточный подъемник образует угол  $\alpha$  с горизонтом (рис. 5.6). С каким максимальным ускорением может подниматься ящик на таком подъемнике, если коэффициент трения равен  $\mu$ ? Лента не прогибается.

**B5.20.** На каком максимальном расстоянии  $S$  от вершины полусферы радиусом  $R = 45$  см, отсчитанном вдоль ее поверхности, можно положить небольшое тело, чтобы оно не соскользнуло? Коэффициент трения тела о сферу  $k = 0.75$ .

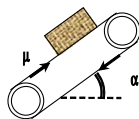


Рис. 5.6

### Задачи сложные

**C5.1.** Брусok массы  $m$  тянут за нить так, что он движется с постоянной скоростью по горизонтальной плоскости с коэффициентом трения  $k$ . Найти угол  $\alpha$  при котором натяжение нити будет наименьшим. Чему оно равно?

**C5.2.** К бруску массой  $m=1$  кг, лежащему на горизонтальном полу, приложили силу  $F$  под углом  $\alpha=30^\circ$  к горизонту. Коэффициент трения между бруском и полом  $k=0.5$ . Найти ускорение бруска для случаев: а)  $F=1H$ ; б)  $F=5H$ ; в)  $F=25H$ .

**C5.3.** Брусok массы  $m$  покоится на горизонтальной поверхности. К бруску прикреплена горизонтальная идеальная пружина жёсткости  $k$ . Чему равен коэффициент трения между бруском и поверхностью, если для сдвигания бруска необходимо деформировать пружину на величину  $\Delta l$ ?

**C5.4.** Брусok массы  $m$  покоится на горизонтальной поверхности. К бруску прикреплена идеальная пружина жёсткости  $k$ , составляющая угол  $\alpha$  с поверхностью. Чему равен коэффициент трения между бруском и поверхностью, если для сдвигания бруска необходимо деформировать пружину на величину  $\Delta l$ ?

**C5.5.** На наклонной плоскости лежит брусok. К бруску приложена сила  $F$ , равная удвоенному весу бруска и направленная вверх вдоль наклонной плоскости (рис. 5.7). Коэффициент трения между бруском и наклонной плоскостью равен  $\mu$ . При каком угле  $\alpha$  наклона ускорение  $a$  бруска будет минимальным и каково это минимальное ускорение?

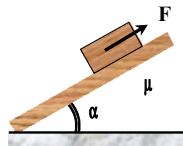


Рис. 5.7

**C5.6.** На идеально гладкой плоскости с углом наклона к горизонту  $\alpha$  находится длинная доска массой  $m$ . Куда и с каким ускорением должна бежать по доске собака массы  $M$ , чтобы доска оставалась на месте. Трение между лапами собаки и доской присутствует.

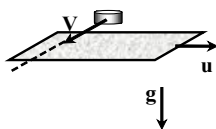


Рис. 5.8

### Задачи очень сложные

**D5.1.** Лента горизонтального транспортера (рис. 5.8) движется со скоростью  $U$ . На ленту по касательной к ней влетает шайба, начальная скорость  $V$  которой перпендикулярна краю ленты. Найдите максимальную ширину ленты, при которой шайба достигнет другого её края, если коэффициент трения между шайбой и лентой  $\mu$ .

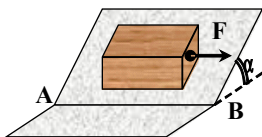


Рис. 5.9

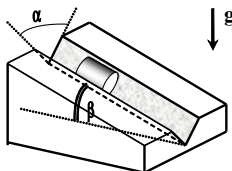


Рис. 5.10

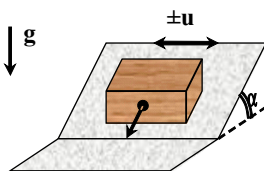


Рис. 5.11

**D5.2.** На наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  лежат две доски, одна на другой. Покажите можно ли подобрать такие значения масс досок и/или коэффициентов трения о плоскость и друг о друга, чтобы нижняя доска выскользнула из под верхней?

**D5.3.** Брусок массой  $m$  лежит на шероховатой плоской поверхности, наклоненной к горизонту под углом  $\alpha$  (рис. 5.9). С какой минимальной горизонтальной силой  $F_0$ , параллельной ребру  $AB$  двугранного угла, следует натянуть тонкую нить, привязанную к бруску, чтобы он стал скользить по шероховатой поверхности? Коэффициент трения  $\mu$ .

**D5.4.** Цилиндр скользит по желобу (рис. 5.10), имеющему вид двугранного угла с раствором  $\alpha$ . Ребро двугранного угла наклонено под углом  $\beta$  к горизонту. Плоскости двугранного угла образуют одинаковые углы с горизонтом. Определите ускорение цилиндра. Коэффициент трения между цилиндром и поверхностью желоба  $\mu$ .

**D5.5.** Определите установившуюся скорость тела, находящегося на наклонной плоскости (рис. 5.11), которая с большой частотой меняет одно направление своей скорости  $v$  на противоположное. Направление движения плоскости показано на рисунке. Коэффициент трения  $\mu$ , угол наклона плоскости  $\alpha$  ( $\operatorname{tg} \alpha < \mu$ ).

**D5.6.** На плоскости, тангенс угла наклона которой равен коэффициенту трения, лежит монета. В горизонтальном направлении вдоль плоскости монете сообщили скорость  $V$ . Найдите установившуюся скорость монеты.

**D5.7.** По деревянным сходням, образующим угол  $\alpha$  с горизонтом, втаскивают за веревку ящик. Коэффициент трения ящика о сходни  $\mu$ . Под каким углом к горизонту следует направить веревку, чтобы с наименьшим усилием втаскивать ящик: а) равномерно, б) с заданным ускорением  $a$ ?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

A: все.

B: 5.1, 5.2, 5.4, 5.5, 5.7, 5.10-5.15, 5.17, 5.19.

C: 5.1, 5.2, 5.5.

## Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 2.1-2.14, 3.1-3.17.
2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 2.1-2.5, 5.1-8.5, 11.1-11.6.
3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 15-21.
4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 30-48, 64-66.
5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 9-17.

## ДИНАМИКА

### *Задание №9-6. Тяготение. Неинерциальные системы отсчёта*

#### Задачи простые

**A6.1.** Камень брошен под углом  $30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $10 \text{ м/с}$ . Через какое время камень окажется на высоте  $1 \text{ м}$ ,  $5 \text{ м}$ ,  $10 \text{ м}$ ?

**A6.2.** Исчезает ли сила притяжения тела к Земле при переходе тела в состояние невесомости?

**A6.3.** Можно ли в космическом корабле обрабатывать ударом "невесомый" материал "невесомым" молотком? Ответ пояснить.

**A6.4.** Космическая ракета при старте с поверхности Земли движется вертикально с ускорением  $20 \text{ м/с}^2$ . Найти вес летчика-космонавта в кабине, если его масса  $80 \text{ кг}$ . Какую перегрузку испытывает летчик?

**A6.5.** К потолку каюты равномерно идущего теплохода подвешен шар. Как изменится положение шара, если теплоход: а) начнет увеличивать скорость, не меняя направление движения б) повернет в сторону, в) внезапно остановится?

**A6.6.** На доске стоит человек. Внезапно он приседает. Что произойдет в первый момент? Увеличится или уменьшится прогиб доски? Что произойдет, если человек сидел на корточках и внезапно выпрямился?

#### Задачи средние

**B6.1.** Камень, брошенный под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью  $30 \text{ м/с}$ , через  $2 \text{ с}$  упал на край крыши дома. Определить высоту здания и расстояние до него.

**B6.2.** Выведите форму траектории тела, брошенного с земли под углом  $\alpha$  к горизонтали с начальной скоростью  $V$ .

**B6.3.** На некоторой высоте одновременно из одной точки брошены два тела под углом  $45^\circ$  к вертикали со скоростью  $20 \text{ м/с}$ , одно вниз, а другое вверх. Определите разность их высот через  $2 \text{ с}$  после бросания. Как движутся тела относительно друг друга?

**B6.4.** Шарик массы  $m$  висит на нити в лифте, движущемся с постоянным ускорением  $a$ . Найти силу натяжения нити в случаях когда ускорение  $a$  направлено а) вертикально; б) горизонтально.

**В6.5.** Космический корабль совершает мягкую посадку на Луну ( $g_{\text{л}}=1.6 \text{ м/с}^2$ ), двигаясь замедленно в вертикальном направлении (относительно Луны) с постоянным ускорением  $8,4 \text{ м/с}^2$ . Сколько весит космонавт массой  $70 \text{ кг}$ , находящийся в этом корабле?

**В6.6.** С каким ускорением  $a$  может тормозиться поднимающийся лифт, чтобы груз, лежащий на полу лифта, не отставал от него?

**В6.7.** Однородный цилиндр массы  $m$  лежит на подставке в форме желоба расстояние между боковыми стенками которого равно радиусу цилиндра  $R$  (рис. 6.1). Подставку двигают в горизонтальном направлении с ускорением  $a$ . Найти силы давления на цилиндр. Трением пренебречь.

**В6.8.** Небольшой брусок находится на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$ . Коэффициент трения скольжения между бруском и плоскостью  $k$ . Наклонная плоскость движется с ускорением  $a$  в направлении, указанном на рис. 6.2 а и б. При каком минимальном ускорении брусок начнет скользить по плоскости?

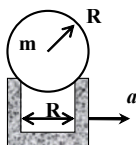


Рис. 6.1

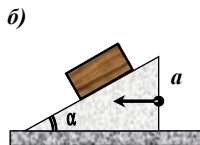
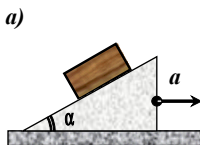


Рис. 6.2

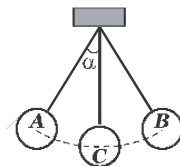


Рис. 6.3

**В6.9.** На тележке стоит сосуд с жидкостью. Тележка движется в горизонтальном направлении с ускорением  $a$ . Определить угол наклона  $\alpha$  поверхности жидкости к горизонту, считая положение жидкости в сосуде установившимся.

**В6.10.** По гладкой наклонной плоскости соскальзывает сосуд с жидкостью. Угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha$ . Определите угол наклона поверхности жидкости в сосуде к горизонту.

**В6.11.** Подвешенный на нити длиной  $l$  шарик равномерно вращается в горизонтальной плоскости. Угол между нитью и вертикалью  $\alpha$ . Найти время полного оборота шарика.

**В6.12.** Тело, подвешенное на нити, совершает колебания в вертикальной плоскости (рис. 6.3). Указать направления ускорения тела в точках  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Точки  $A$  и  $B$  крайние в движении.

**В6.13.** Шарик массой  $m$ , подвешенный на нити длиной  $l$ , отклонили на некоторый угол и отпустили. Определить силу натяжения нити в момент прохождения шариком положения равновесия, если его скорость в этой точке  $V$ .

**В6.14.** Рассчитайте первую космическую скорость (скорость движения по круговой орбите) для Земли.

**В6.15.** Рассчитайте во сколько раз радиус орбиты геостационарного спутника в плоскости экватора больше радиуса планеты.



**B6.16.** На экваторе решили построить супернебоскрёб. Такой, чтобы на верхнем этаже постояльцы находились в состоянии невесомости. Оцените высоту подобного небоскрёба.

**B6.17.** Двойная звезда – это система двух звёзд, вращающихся вокруг своего центра масс. Пусть период вращения этой системы составляет **1000 часов**, и массы звёзд равны  **$10^{30}$  кг** и  **$3 \cdot 10^{30}$  кг**. Найдите расстояние между звёздами.

**B6.18.** На горизонтально вращающемся столике укреплён вертикальный стержень, к вершине которого привязана нить. К концу нити прикреплён шарик массой  **$m$** . С какой угловой скоростью вращается столик, если нить составляет с вертикалью угол  **$\alpha$** ? Длина нити  **$l$** , расстояние от стержня до оси вращения столика  **$r$** .

**B6.19.** На краю наклонной плоскости с углом наклона  **$\alpha$**  лежит тело. Плоскость равномерно вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  **$\omega$** . Расстояние от тела до оси вращения равно  **$R$** . Найдите наименьший коэффициент трения, при котором тело покоится на вращающейся наклонной плоскости.

**B6.20.** Тело массой  **$m$**  находится на горизонтальном диске на расстоянии  **$r$**  от его оси. Диск начинает раскручиваться с малым ускорением. Построить график зависимости составляющей силы трения в радиальном направлении, действующей на тело, от угловой скорости вращения диска. При каком значении угловой скорости тело начнёт соскальзывать?

### Задачи сложные

**C6.1.** Цель, находящаяся на холме, видна с места расположения орудия под углом  **$\beta$**  к горизонту. Расстояние до цели по горизонтали равно  **$L$** . Стрельба по цели производится под углом  **$\alpha$**  к горизонту. Определите начальную скорость снаряда, попадающего в цель. Сопротивлением воздуха пренебречь.

**C6.2.** Под углом  **$60^\circ$**  к горизонту брошено тело с начальной скоростью  **$20$  м/с**. Через какое время оно будет двигаться под углами  **$\pm 45^\circ$**  к горизонту?

**C6.3.** Из точки  **$A$** , находящейся над поверхностью земли на высоте  **$5$  м**, свободно падает тело. Одновременно из точки  **$B$** , находящейся на расстоянии  **$5\sqrt{3}$  м** по горизонтали от точки  **$A$** , под углом к горизонту бросают другое тело так, что оба тела столкнулись в воздухе. Определить угол бросания второго тела.

**C6.4.** Камень бросают со скоростью  **$V_0$**  горизонтально с вершины горы, имеющей угол наклона к горизонту  **$\alpha$** . На каком расстоянии от вершины горы по склону он упадёт?

**C6.5.** Маленький шарик, движущийся горизонтально со скоростью  **$V$** , попадает в яму глубиной  **$H$** . Сколько раз он ударится о стенки (удары абсолютно упругие) ямы пока достигнет дна? Ширина ямы  **$a$** .

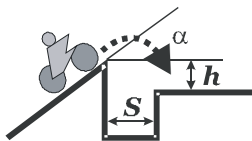


Рис. 6.4

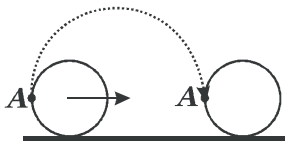


Рис. 6.5

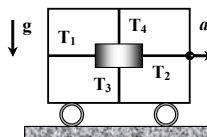


Рис. 6.6

**С6.6.** Мотоциклист въезжает на высокий берег рва (см. рис. 6.4). Какую минимальную скорость должен иметь мотоциклист в момент отрыва от берега, чтобы перепрыгнуть ров?

**С6.7.** Самолёт летит на высоте **2000 м** с горизонтальной скоростью **400 м/с**. Из зенитного орудия производят выстрел по самолёту в момент, когда тот находится на одной вертикали с орудием. Под каким углом следует стрелять, чтобы попасть в самолёт? Через какое время снаряд попадёт в цель? Начальная скорость снаряда равна **800 м/с**.

**С6.8.** С высоты **2 м** вниз под углом **60°** к горизонту брошен мяч с начальной скоростью **8.7 м/с**. Найти расстояние между двумя последовательными ударами мяча о землю. Удары считать абсолютно упругими.

**С6.9.** Колесо радиуса **R** равномерно катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания (см. рис. 6.5). От точки **A** колеса отрывается комочек грязи. С какой скоростью движется колесо, если комочек снова опустился на ту же самую точку колеса? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**С6.10.** С колеса, движущегося со скоростью **V** автомобиля, слетают брызги. На какую максимальную высоту над дорогой будет выброшена капля, оторвавшаяся от точки обода колеса, расположенной под углом  $\alpha < \pi/2$  от вертикали. Угол отсчитывается по часовой стрелке от точки касания колеса и поверхности дороги.

**С6.11.** Два тела брошены под разными углами к горизонту и с различными начальными скоростями. Показать, что во время движения их относительная скорость постоянна по модулю и направлению.

**С6.12.** Определить зависимость силы притяжения точечной массы **m** и тонкого кольца массы **M** и радиуса **R**, от расстояния до центра кольца, если точечная масса расположена на оси кольца.

**С6.13.** Определить зависимость веса тела массы **m** от географической широты его положения на поверхности Земли.

**С6.14.** Один конец нити, на другом конце которой висит шарик массы **m**, перемещают с ускорением **a** под углом  $\alpha$  к горизонту. Найти силу натяжения нити и угол  $\beta$ , на который она отклонится от вертикали. Рассмотреть случаи, когда угол равен  $\pi/2$  и  $-\pi/2$ .

**С6.15.** Четырьмя натянутыми нитями груз закреплён на тележке (рис. 6.6). Сила натяжения горизонтальных нитей соответственно **T<sub>1</sub>** и **T<sub>2</sub>**, а вертикальных – **T<sub>3</sub>** и **T<sub>4</sub>**. С каким ускорением тележка движется по горизонтальной плоскости?

**С6.16.** Шар массы  $m$  лежит в ящике, соскальзывающем без трения с наклонной плоскости. Плоскость образует с горизонтом угол  $\alpha$ . Найти силы, с которыми шар давит на переднюю стенку и на дно ящика.

**С6.17.** Тело, подвешенное на идеальной нити (идеальном стержне) длины  $l_0$ , может вращаться в вертикальной плоскости. Какова должна быть скорость тела в верхней точке, чтобы оно смогло сделать полный оборот? Найти силу натяжения нити (стержня), нормальное, тангенциальное и полное ускорения тела в момент, когда нить составляет с вертикалью произвольный угол  $\alpha$ , а скорость тела равна  $V$ .

**С6.18.** На цилиндр радиуса  $R$  одето равномерно растянутое резиновое кольцо массы  $m$ . Длина кольца в нерастянутом состоянии равна  $\pi R$ , жёсткость кольца –  $k$ . Цилиндр начинают раскручивать с постоянным угловым ускорением  $\beta$ . Через какое время кольцо начнёт проскальзывать по цилиндру, если коэффициент трения кольца о цилиндр равен  $\mu$ ? Чему будет равна при этом угловая скорость кольца?

**С6.19.** Поезд движется по закруглению радиусом  $800\text{ м}$  со скоростью  $72\text{ км/ч}$ . Определить, на сколько внешний рельс должен быть выше внутреннего, чтобы на колёсах не возникало бокового усилия. Расстояние между рельсами равно  $1.5\text{ м}$ .

### Задачи очень сложные

**D6.1.** Упругий шарик падает с высоты  $h$  на наклонную плоскость. Определить через сколько времени после отражения шарик упадёт на наклонную плоскость второй раз. Найти зависимость времени от угла наклона плоскости. Найти отношение расстояний вдоль плоскости между  $n-1$  и  $n$  ударами и между  $1$  и  $2$  ударами.

**D6.2.** Необходимо с поверхности земли попасть камнем в цель, которая расположена на высоте  $h$  и на расстоянии  $S$  по горизонтали от точки броска. При какой наименьшей скорости бросания это возможно?

**D6.3.** На гладкий стержень, расположенный под углом  $\alpha$  к вертикали, насажена бусинка. Стержень вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси. Описать движение бусинки по стержню. Трение отсутствует.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

A: все.

B: 6.1, 6.2, 6.4, 6.5, 6.7, 6.9-6.12, 6.14, 6.15, 6.17.

C: 6.1-6.4, 6.6, 6.8, 6.11, 6.13-6.16.

## Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 2.1-2.14, 3.1-3.17, 4.1-4.5.
2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 2.1-2.5, 5.1-9.8, 11.1-11.6, 24.1-24.6.
3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 15-22.
4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 30-48, 52-61, 64-66, 110-137.
5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 9-17.

## ДИНАМИКА

### Задание №9-7. Системы тел со связями

#### Задачи простые

**A7.1.** Два бруска с массами  $m_1=0.1$  кг и  $m_2=0.2$  кг, связанные (рис. 7.1) горизонтальной тонкой нитью, могут без трения скользить по гладкой горизонтальной поверхности. За другую горизонтальную нить, привязанную к бруску 1, систему перемещают по поверхности с постоянным по величине и направлению ускорением  $0.1$  м/с<sup>2</sup>. Определите натяжение нитей.

**A7.2.** Два тела с массами  $m_1=50$  г и  $m_2=100$  г связаны нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности (рис. 7.2). С какой силой  $F$  можно тянуть первое тело, чтобы нить, способная выдержать силу натяжения  $T_{\max}=5$  Н, не оборвалась? Изменится ли результат, если силу приложить ко второму телу?

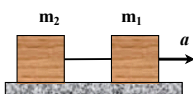


Рис. 7.1

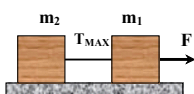


Рис. 7.2

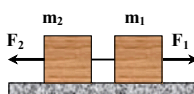


Рис. 7.3

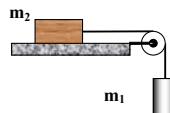


Рис. 7.4

**A7.3.** Два тела массами  $m_1$  и  $m_2$  связаны нитью (рис. 7.3). К телам приложены силы  $F_1$  и  $F_2$ . Определите ускорения движения тел и силу натяжения нити.

**A7.4.** Два груза массами  $2$  кг и  $4$  кг, связанные нерастяжимой нитью, поднимаются по вертикали силой  $84$  Н, приложенной к первому грузу. Найдите ускорение, с которым движутся грузы, и силу натяжения нити.

**A7.5.** Через невесомый блок, укреплённый на краю гладкого горизонтального (рис. 7.4) стола, перекинута тонкая нерастяжимая нить, к горизонтальному концу которой привязан брусок массой  $m_2=0.2$  кг, а к вертикально свисающему концу - груз массой  $m_1=0.1$  кг. Лежащий на столе брусок вначале удерживается, а затем отпускается. Определите ускорение, с которым станут двигаться брусок и груз, а также натяжение нити. Трением в блоке пренебречь.

**A7.6.** К одному концу веревки, перекинутой через блок, подвешен груз массы  $m=10\text{ кг}$  (рис. 7.5). С какой силой  $F$  нужно тянуть вниз за другой конец веревки, чтобы груз поднимался с ускорением  $a=1\text{ м/с}^2$ ?

**A7.7.** По столу тянут груз с помощью нити, прикрепленной к динамометру, показывающему  $30\text{ Н}$ . Второй раз тот же груз приводят в движение с помощью нити, перекинутой через неподвижный блок, на которой висит гиря массой  $3\text{ кг}$ . В каком случае груз движется быстрее?

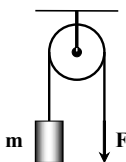


Рис. 7.5

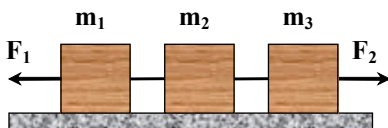


Рис. 7.6

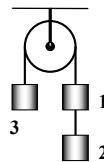


Рис. 7.7

### Задачи средние

**B7.1.** К потолку движущегося лифта на нити подвешена гиря массы  $m_1=1\text{ кг}$ . К этой гире привязана другая нить, на которой подвешена гиря массы  $m_2=2\text{ кг}$ . Найти силу натяжения  $T$  верхней нити, если сила натяжения нити между гирями  $T_0=9.8\text{ Н}$ .

**B7.2.** Два тела, связанные нитью, движутся по гладкому горизонтальному столу. Когда сила  $100\text{ Н}$  была приложена к правому телу, сила натяжения нити была равна  $30\text{ Н}$ . Каково будет натяжение нити, если приложить эту силу к левому телу?

**B7.3.** Три тела связаны нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности. К телу массы  $m_1$  приложена сила  $F_1$ , направленная вдоль поверхности, а к телу массы  $m_3$  - сила  $F_2 > F_1$ , направленная в противоположную сторону (рис. 7.6). Найти силу натяжения  $T$  нити между телами с массами  $m_1$  и  $m_2$ .

**B7.4.** Два тела массами  $1\text{ кг}$  и  $3\text{ кг}$ , связанные между собой идеальной пружиной жёсткостью  $10\text{ Н/м}$ , движутся по гладкому горизонтальному столу под действием горизонтальной силы  $10\text{ Н}$ , приложенной к более тяжёлому телу. Определите ускорение системы и длину пружины, если её длина в недеформированном состоянии составляет  $25\text{ см}$ .

**B7.5.** К концам идеальной нити, перекинутой через невесомый блок, подвешены грузы  $m_1$  и  $m_2$ . Пренебрегая трением определить ускорения, с которыми будут двигаться грузы, силу натяжения нити и показание динамометра, на котором висит блок.

**B7.6.** Через неподвижный блок перекинута идеальная нить, к которой подвешены три одинаковых груза массой  $M=2\text{ кг}$  каждый (рис. 7.7). Найти ускорение  $a$  системы и силу натяжения нити, связывающей грузы 1 и 2.

**B7.7.** Два одинаковых груза массой  $M$  подвешены на невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через блок. На один из них положен

грузик массой  $m$ . Определить ускорение системы, вес грузика  $m$  и силу  $F$ , действующую на ось блока.

**B7.8.** В условии задачи B7.6 на груз **2** положили маленький грузик массой  $m=0.2$  кг. Определить ускорение системы, вес грузика  $m$  и силу натяжения нити, связывающей грузы **1** и **2**.

**B7.9.** Грузы, изображенные на рис. 7.8, соединены невесомой нитью, переброшенной через невесомый блок. На верхний груз действует сила тяжести  $P=100$  Н. Какая сила тяжести должна действовать на нижний груз, чтобы сила, движущая верхний груз, была равна  $90$  Н? Трение отсутствует.

**B7.10.** На краю гладкого горизонтального стола смонтирован лёгкий блок, вращающийся на горизонтальной оси. Если один из двух грузов, привязанных к концам тонкой нерастяжимой нити, которая перекинута через блок, поместить на стол и отпустить, то система приходит в движение, а нить при этом натягивается с силой  $T=0.78$  Н. Если поменять грузы местами, то ускорение системы изменится в **3.9** раза. Найти массы грузов  $m_1$  и  $m_2$ , а также силу давления  $Q$  блока на ось.

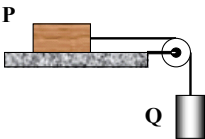


Рис. 7.8

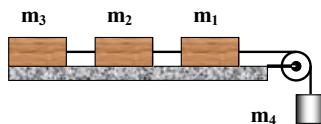


Рис. 7.9

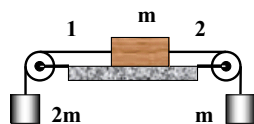


Рис. 7.10

**B7.11.** На горизонтальном столе лежат два связанных нитью груза массой  $m$  каждый. На нити, прикрепленной к этим грузам и перекинутой через неподвижный блок на краю стола, подвешен такой же груз. С каким ускорением движется система грузов и какова сила натяжения нити между грузами, лежащими на поверхности? Трение не учитывать.

**B7.12.** На гладкой горизонтальной поверхности расположены три тела массами  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$ , связанные нерастяжимыми нитями друг с другом (рис. 7.9). К телу массой  $m_1$  прикреплена перекинутая через блок нить, на конце которой находится груз массой  $m_4$ . Найдите модули ускорений тел системы и натяжений всех нитей. Массами нитей и блока пренебречь.

**B7.13.** В системе изображённой на рис. 7.10 масса  $m=1$  кг. Найти натяжение нитей **1** и **2**. Поверхность стола гладкая.

**B7.14.** Груз  $P$  массой  $m$  приводит в движение груз  $Q$  массой  $M$  с помощью устройства, показанного на рис. 7.11. Плоскость, по которой скользит груз  $P$ , образует с горизонтом угол  $\alpha$ . Блок и нить невесомы, трения нет. Найти ускорение грузов, натяжение нити, и давления грузов на опорные плоскости.

**B7.15.** Два тела с массами  $m_1=10$  г и  $m_2=15$  г связаны нитью, перекинутой через блок, установленный на наклонной плоскости. Плоскость

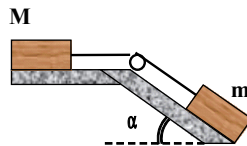


Рис. 7.11

образует с горизонтом угол  $30^\circ$  (рис. 7.12). Найти ускорение, с которым будут двигаться эти тела. Трения нет.

**В7.16.** Через невесомый блок, укрепленный на ребре призмы, грани которой образуют углы  $\alpha$  и  $\beta$  с горизонтом, перекинута нить (рис. 7.13). К концам нити прикреплены грузы массами  $m_1$  и  $m_2$ . Найти ускорения грузов и силу натяжения нити. Трением пренебречь.

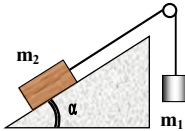


Рис. 7.12

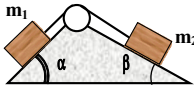


Рис. 7.13

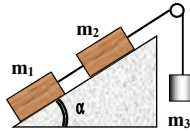


Рис. 7.14

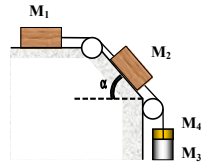


Рис. 7.15

**В7.17.** Вычислить ускорение  $a$  грузов и силы натяжения  $T$  нитей в случае, изображённом на рис. 7.14. Дано:  $\alpha=30^\circ$ ,  $m_1=4$  кг,  $m_2=2$  кг,  $m_3=8$  кг. Трением о плоскость пренебречь.

**В7.18.** Дана система грузов (рис 7.15;  $M_1=1$  кг,  $M_2=2$  кг,  $M_3=5$  кг,  $M_4=0.5$  кг,  $\alpha=30^\circ$ ). Найти ускорение  $a$  системы грузов, силы натяжения  $T$  нитей и силу  $f$ , с которой груз  $M_4$  давит на груз  $M_3$ .

### Задачи сложные

**С7.1.** К потолку на невесомом резиновом шнуре подвешен груз 1. К нему снизу на идеальной нити подвешен груз 2. Если пережечь нить, связывающую грузы, верхний груз приходит в движение с ускорением  $a_1=4.9$  м/с<sup>2</sup>. Найти ускорение, с которым груз 2 придёт в движение после пережигания нити, если грузы поменять местами?

**С7.2.** Три тела, притягивающиеся к Земле силами  $19.6$  Н,  $39.2$  Н,  $9.8$  Н, последовательно связаны нитями по вертикали. Какую силу  $F$  нужно приложить к первому (верхнему) телу, чтобы равномерно поднимать эти тела вертикально вверх? Чему равны при этом силы натяжения нитей?

**С7.3.** Найти ускорения грузов  $m_1$  и  $m_2$  и силы натяжения идеальных нитей в системе изображённой на рис. 7.16. Массами блоков пренебречь.

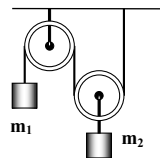


Рис. 7.16

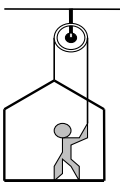


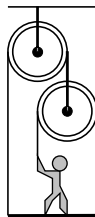
Рис. 7.17

**С7.4.** Через невесомый, вращающийся без трения, блок перекинута идеальная нить. На одном конце нити прикреплён груз массы  $m_1$ . По другому концу может скользить втулка массой  $m_2$ . С каким ускорением движется втулка, если груз  $m_1$  неподвижен? Чему равна сила трения кольца о нить?

**С7.5.** Маляр работает в подвесной люльке (рис. 7.17). Ему понадобилось срочно подняться вверх. Он принимается тянуть за веревку с такой силой, что сила его давления на пол люльки уменьшилась до  $400$  Н. Масса люльки  $12$  кг, масса маляра  $72$  кг. Чему

равно ускорение люльки? Чему равна сила натяжения троса, на котором подвешен легкий блок?

**С7.6.** На платформе. Человек весом **60 кг (600 Н)** стоит на платформе, вес которой **30 кг (300 Н)**. Платформа подвешена на веревках, перекинутых через блоки, как показано на рис. 7.18. С какой силой должен человек тянуть за конец веревки и, чтобы удержать платформу от падения?



**С7.7.** Груз массы  $m_1$  находится на горизонтальном столе, который движется горизонтально с ускорением  $a$ . К грузу привязана идеальная нить, перекинутая через невесомый блок, который закреплён на краю стола. К другому концу нити подвешен второй груз массы  $m_2$ . Найти силу натяжения нити, если коэффициент трения груза  $m_1$  о стол равен  $\mu$ .

Рис. 7.18

**С7.8.** Космический путешественник собирается отправиться на Луну. У него есть пружинные весы и гиря **A** массой **1 кг**. Если подвесить эту гирю на пружине весов на Земле, они покажут **1 кг**. Опустившись на некотором участке лунной поверхности, где ускорение силы тяжести точно не известно (известно лишь, что оно примерно в шесть раз меньше, чем на Земле), космонавт подбирает камень **B**, который вытягивает на весах тот же самый **1 кг**. Затем он подвешивает **A** и **B** на нити, перекинутой через блок, как показано на рис. 7.19, и обнаруживает, что камень опускается с ускорением **1.2 м/с<sup>2</sup>**. Чему равна масса камня **B**?

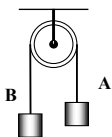


Рис. 7.19

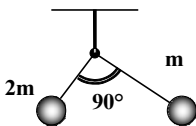


Рис. 7.20

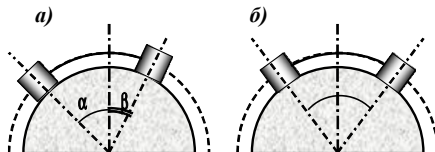


Рис. 7.21

**С7.9.** Два груза массами  $m$  и  $2m$  соединены идеальной нитью длины  $L$ . Нить пропущена через кольцо, укрепленное на нижнем конце вертикального стержня (рис. 7.20). С какой угловой скоростью нужно вращать стержень, чтобы угол между концами нити составлял **90°**?

**С7.10.** Два небольших тела соединены нитью и расположены на гладкой цилиндрической поверхности. Если тела расположить, как показано на рис. 7.21 а ( $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 60^\circ$ ), они находятся в равновесии. С каким ускорением будут двигаться тела, если их расположить симметрично, как показано на рис. 7.21 б?

**С7.11.** Два маленьких тела массами  $m_1 = 2 \text{ кг}$  и  $m_2 = 6 \text{ кг}$  соединены нитью и расположены на гладкой цилиндрической поверхности, как показано на рис. 7.22 а. Если тела отпустить, они начинают двигаться с ускорением **6 м/с<sup>2</sup>**. С каким ускорением начнут двигаться тела, если их расположить на поверхности симметрично, как показано на рис. 7.22 б?



**С7.12.** Найдите ускорение тел системы, изображенной на рис. 7.23. Сила  $F$  приложена по направлению нити к одному из тел массы  $m$ . Участки нити по обе стороны от легкого блока, прикрепленного к телу массы  $M$  параллельны. Система лежит на гладкой горизонтальной плоскости.

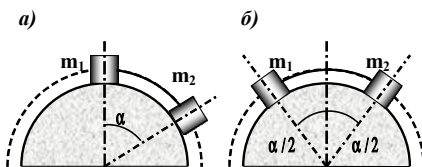


Рис. 7.22

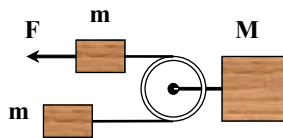


Рис. 7.23

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

A: все.

B: 7.1, 7.2, 7.4-7.7, 7.9, 7.11, 7.13-7.15.

C: 7.1, 7.2, 7.5, 7.7, 7.8, 7.10.

### Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 2.1-2.14, 3.1-3.17, 4.1-4.5.

2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1.

§§ 2.1-2.5, 5.1-9.8, 11.1-11.6.

3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения.

Т.1. Механика. §§ 15-22.

4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 30-48, 52-66.

5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 9-17.

## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

### Задание №9-8. Импульс. Закон сохранения импульса

#### Задачи простые

**A8.1.** Шарик, подвешенный на нити, вращается с постоянной по величине скоростью в вертикальной плоскости. Изменяется ли при этом импульс шарика? Какие силы действуют на шарик?

**A8.2.** Поезд массой **2000 тонн**, двигаясь прямолинейно, увеличил скорость с **36** до **72 км/ч**. Найти изменение импульса.

**A8.3.** Шарик массой **100 г** свободно упал на горизонтальную площадку, имея в момент удара скорость **10 м/с**. Найти изменения импульса при абсолютно неупругом и абсолютно упругом ударах.

**A8.4.** Катер, плывущий по озеру, изменил направление своего движения на угол  $\alpha$ , не меняя величины скорости. Найти изменение импульса катера, если его масса  $M$ , а скорость его движения  $V$ .

**A8.5.** Тело массы  $m$  движущееся со скоростью  $V$ , испытывает столкновение с покоящейся массивной стенкой, ориентированной перпендикулярно скорости тела. Определить величину изменения импульса тела. Рассмотреть случаи упругого и неупругого столкновений.

**A8.6.** Укажите способы, какими человек, стоящий на идеально гладкой горизонтальной поверхности, может сдвинуться с места.

**A8.7.** Камень брошен с обрыва параллельно земле. Сохраняется ли импульс камня? Сохраняется ли проекция импульса на горизонтальное направление? На вертикальное? Почему?

**A8.8.** На тело действовала постоянная сила **50 Н** в течении **10 сек**. Найти массу тела, если изменение скорости в результате такого действия данной силы составляет **3 м/с**.

**A8.9.** На тело массы  $m$ , движущееся со скоростью  $V_0$  (рис. 8.1 а), начинает действовать сила. Через время  $t$  скорость тела становится равной  $-V_0$  (рис. 8.1 б). Определите величину действующей силы и покажите ее направление на рисунке.

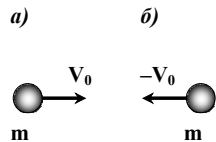


Рис. 8.1

**A8.10.** Снаряд массой  $m_1$ , летящий со скоростью  $V$  параллельно рельсам, ударяет в неподвижную платформу с песком массой  $m_2$  и застревает в песке. С какой скоростью станет двигаться платформа?

**A8.11.** Выполняется ли закон сохранения импульса в неинерциальных системах отсчета? Почему? Приведите примеры.

**A8.12.** Автомобиль массы  $m$  разгоняется с места до скорости  $V$  за время  $t$ . Чему равна средняя сила трения, действующая на автомобиль?

**A8.13.** Какова должна быть сила тяги паровоза, чтобы поезд набрал скорость **60 км/ч** через **2 мин** после начала движения. Масса всего поезда **100 тонн**.

**А8.14.** Если кирпич аккуратно положить на землю, следа на ней практически не остаётся. Если же с силой бросить кирпич - образуется вмятина. Почему?

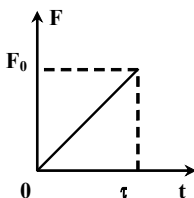


Рис. 8.2

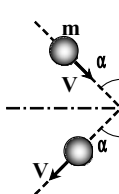


Рис. 8.3

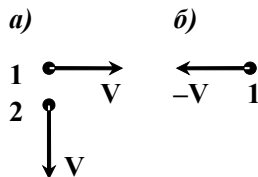


Рис. 8.4

### Задачи средние

**В8.1.** Футболист должен остановить ногой летящий на него со скоростью  $V$  мяч. В какую сторону и с какой скоростью он должен двигать ногу?

**В8.2.** На тело массы  $m$ , лежащее на гладкой горизонтальной поверхности действует параллельная поверхности сила, график зависимости которой от времени представлен на рисунке 8.2. Как, пользуясь этим графиком, определить импульс тела в момент времени  $t$ ?

**В8.3.** Материальная точка массой  $1 \text{ кг}$  равномерно движется по окружности со скоростью  $10 \text{ м/с}$ . Найти изменение импульса за одну четверть периода; половину периода; полный период.

**В8.4.** Шарик массы  $m$  брошен со скоростью  $V_0$  вертикально вверх. Определите величину изменения импульса шарика за время его подъёма на максимальную высоту. Покажите вектор изменения на рисунке.

**В8.5.** Тело массы  $m$  брошено с земли под углом  $\alpha$  к горизонту со скоростью  $V$ . Через некоторое время тело вновь оказалось на земле. Пренебрегая сопротивлением воздуха, постройте график зависимости модуля импульса тела от времени.

**В8.6.** Шарик упруго ударяется о стенку под углом  $\alpha$  (рис. 8.3). Масса шарика  $m$ . Скорость до удара и после него имеет одну и ту же величину  $V$ , а угол падения равен углу отражения. Определите величину и направление вектора изменения количества движения шарика.

**В8.7.** Два тела одинаковой массы движутся с одинаковыми по модулю скоростями (рис. 8.4 а). На тела начинает действовать одинаковая сила, в результате чего первое тело через некоторое время имеет скорость, показанную на рисунке 8.4 б. Чему равна в этот момент скорость второго тела?

**В8.8.** Между двумя лодками, находящимися на поверхности озера, протянута верёвка. Человек, находящийся на первой лодке, тянет верёвку с постоянной силой, равной  $500 \text{ Н}$ . Определить скорости, с которыми будет двигаться первая лодка относительно берега и относительно второй лодки

через **5 сек**, после того как человек на первой лодке начал тянуть верёвку. Вес первой лодки с человеком **250 кг**, вес второй лодки с грузом **500 кг**. Сопротивлением воды пренебречь.

**В8.9.** Тележка с песком катится со скоростью  $V_2 = 1 \text{ м/с}$  по горизонтальному пути без трения (рис. 8.5). Навстречу тележке летит шар массы  $m = 2 \text{ кг}$  с горизонтальной скоростью  $V_1 = 7 \text{ м/с}$ . Шар после встречи с тележкой застрял в песке. В какую сторону и с какой скоростью покатится тележка после встречи с шаром? Масса тележки  $M = 10 \text{ кг}$ .

**В8.10.** Частицы **1** и **2** с массами  $m_1$  и  $m_2$  и скоростями  $V_1$  и  $V_2$ , движутся под углом  $\alpha$  друг к другу. При столкновении частиц происходит неупругий удар, в результате которого частицы начинают двигаться вместе под углом  $\beta$  к первоначальной скорости первой частицы. Найти скорость частиц после удара.

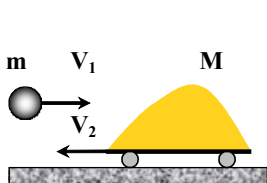


Рис. 8.5

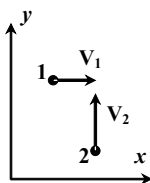


Рис. 8.6

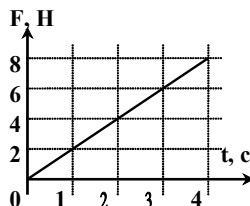


Рис. 8.7

**В8.11.** Частицы **1** и **2**, показанные на рис. 8.6, имеют одинаковые массы и скорости  $V_1$  и  $V_2$ . В результате удара первая частица останавливается. Какую скорость будет иметь после удара вторая частица?

**В8.12.** Как будут двигаться одинаковые шары после столкновения, если один из них до столкновения покоился, а другой двигался со скоростью  $V_0$ ? Рассмотреть упругое и неупругое столкновения.

**В8.13.** Шары **1** и **2** движутся по гладкой горизонтальной плоскости вдоль одной прямой. Первый шар имеет массу **0.5 кг** и скорость **10 м/с**, а второй - массу **1 кг** и скорость **5 м/с**. После того как первый шар догоняет второй, происходит удар и скорость первого шара уменьшается на **8 м/с**. Какова скорость второго шара после удара?

**В8.14.** Тележка с песком массы  $M$  движется по горизонтальным рельсам со скоростью  $V$ . Вертикально падающий камень массы  $m$  попадает в песок и движется вместе с тележкой. Найти скорость тележки после падения камня.

### Задачи сложные

**С8.1.** На тело массы  $m = 1 \text{ кг}$ , лежащее на горизонтальной поверхности, действует горизонтальная сила, зависящая от времени линейно (рис. 8.7). Каким будет импульс тела к концу четвёртой секунды? Коэффициент трения тела о плоскость  $\mu = 0.4$ .

**С8.2.** Теннисист отбивает мяч, двигая ракетку навстречу ему. Скорость мяча и ракетки в момент удара равны  $V$  и  $U$ , соответственно. Чему равна скорость отлетевшего от ракетки мяча? Считать, что масса мяча много меньше массы ракетки.

**С8.3.** Тело движется из точки  $A$  в точку  $B$  по окружности радиуса  $R$  с постоянной по модулю скоростью  $V$  (рис. 8.8). Найдите величину и направление средней силы, действующей на тело.

**С8.4.** Тяжёлый груз равномерно отпускают с помощью лебёдки. Неожиданно лебёдка останавливается и трос, удерживающий груз, обрывается. Почему?

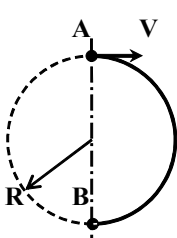


Рис. 8.8

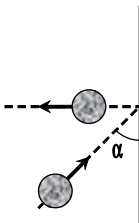


Рис. 8.9



Рис. 8.10

**С8.5.** Шайба подлетает к стенке под углом  $\alpha < 90^\circ$  и отлетает перпендикулярно ей (рис. 8.9). Что является причиной этого?

**С8.6.** На железнодорожной платформе, которая может двигаться по рельсам, укреплены две одинаковые пушки, направленные в противоположные стороны (рис. 8.10). Прицелы установлены так, что при одновременных выстрелах оба снаряда попадают каждый в свою цель. Попадут ли снаряды в цель, если одна из пушек выстрелила немного раньше другой? Что произойдёт с платформой после второго выстрела? Силу трения в колёсах не учитывать.

**С8.7.** Два груза, массы которых  $m_1=4\text{ кг}$  и  $m_2=5\text{ кг}$ , висят на концах нити, перекинутой через невесомый блок. Первый груз находится на  $h=2.5\text{ м}$  ниже второго. Грузы отпустили, и они пришли в движение. Найти суммарный импульс грузов к моменту, когда они окажутся на одной высоте.

**С8.8.** Деревянный шар массой  $M$  лежит на тонкой подставке. Снизу в шар попадает вертикально летящая пуля с массой  $m$  и пробивает его. При этом шар подскакивает на высоту  $h$ . На какую высоту поднимется пуля над подставкой с шаром, если её скорость перед ударом о шар была  $V$ ? Считать, что скорость пули при прохождении через подставку не изменяется.

**С8.9.** На горизонтальной плоскости на расстоянии  $l=1\text{ м}$  друг от друга лежат два тела массами  $m_1=1\text{ кг}$  и  $m_2=2\text{ кг}$ . Первому телу сообщили скорость  $V=2.5\text{ м/с}$ . После столкновения друг с другом тела стали двигаться как единое целое. Какой путь прошли оба тела после столкновения, если коэффициент трения обоих тел о поверхность  $k=0.1$ ?

**С8.10.** По наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом, начинает скользить без трения ящик с песком массы  $M$ . В тот момент, когда ящик прошёл путь  $l$ , в него попало тело массой  $m$ , двигавшееся горизонтально на встречу ящику. Ящик при этом остановился. С какой скоростью двигалось тело, если оно застряло в песке?

**С8.11.** Шарик массой  $m=30$  г падает без начальной скорости и, пройдя путь  $S=10$  см, испытывает абсолютно упругий удар о неподвижную гладкую наклонную плоскость, составляющую угол  $\alpha=30^\circ$  с горизонтом. Продолжительность удара  $\tau=0.002$  с. Найти среднюю силу, действующую на шарик в процессе удара.

**С8.12.** Пожарный направляет струю воды из брандспойта на огонь. Скорость истечения воды  $16$  м/с. Площадь отверстия брандспойта  $5.0$  см<sup>2</sup>. Найти силу, с которой пожарный удерживает брандспойт.

**С8.13.** Кобра длиной  $l$  и массой  $m$ , готовясь к прыжку, поднимается вверх над землёй со скоростью  $V$ . Оценить, с какой силой она давит на землю.

**С8.14.** Космический корабль, имеющий лобовое сечение площади  $S$  и скорость  $V$ , попадает в облако микрометеоритов, плотность которого  $n$ . Масса каждого метеорита  $m$ . На сколько должна вырасти сила тяги двигателя, чтобы скорость корабля не изменилась? Удары микрометеоритов об обшивку корабля считать абсолютно упругими.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

А: все.

В: 8.1-8.4, 8.7, 8.9, 8.11, 8.13, 8.14.

С: 8.1, 8.3, 8.4, 8.6, 8.9-8.11.

### Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 5.1-5.3, 5.7.

2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 15.1-15.4, 15.7-15.8.

3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 29-30.

4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 49-51.

5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 10, 18-20.

## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

### Задание №9-9. Импульс системы тел. Центр масс

#### Задачи простые

**A9.1.** Под действием каких сил изменяется импульс замкнутой системы тел.

**A9.2.** Летящий горизонтально снаряд разрывается на два осколка (рис. 9.1). Могут ли скорости осколков иметь направления, показанные на рисунках б) и в)?

**A9.3.** На рисунке 9.2 представлены импульсы  $p_1$  и  $p_2$ , осколков разорвавшегося снаряда. Нарисуйте начальный импульс снаряда  $p$ .

**A9.4.** Чему равно изменение скорости центра масс замкнутой системы материальных точек?

**A9.5.** С земли под углом к горизонту бросают молоток. По какой траектории движется его центр масс?

**A9.6.** Покоящаяся бомба разрывается на три осколка. Импульсы двух осколков представлены на рисунке 9.3. Покажите импульс третьего осколка.

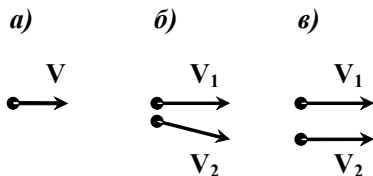


Рис. 9.1

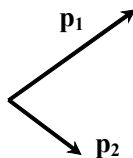


Рис. 9.2

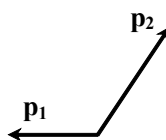


Рис. 9.3

#### Задачи средние

**B9.1.** Орудие установлено на железнодорожной платформе, которая стоит на прямолинейном горизонтальном участке пути. Масса платформы с орудием, снарядами и солдатами  $M=50$  тонн, масса снаряда  $m=25$  кг. Орудие выстреливает в горизонтальном направлении вдоль железнодорожного пути. Начальная скорость снаряда  $1000$  м/с. Какую скорость будет иметь платформа после второго выстрела? Трением и сопротивлением воздуха пренебречь.

**B9.2.** Из пушки, не имеющей противооткатного устройства, вылетает снаряд под углом  $\alpha$  к горизонту. Скорость снаряда равна  $V$ , масса снаряда  $m$ , масса пушки  $M$ . Найти скорость пушки после выстрела. (Трение между колёсами пушки и землёй не учитывать, массой пороховых газов, вылетающих вслед за снарядом, пренебречь.)

**B9.3.** К свободному аэростату, масса которого  $M$ , привязана верёвочная лестница, на которой находится человек массы  $m$ . Аэростат не движется. В каком направлении и с какой скоростью будет перемещаться аэростат, если человек начнёт подниматься по лестнице вверх с постоянной скоростью  $V$  относительно лестницы?

**В9.4.** С поверхности земли бросили вертикально вверх комок сырой глины со скоростью  $V_0$ . Одновременно такой же комок начал падать без начальной скорости с высоты  $H$ . В результате столкновения комки слиплись. Через какое время после бросания первого комка, и с какой скоростью слипшийся комок упал на землю?

**В9.5.** Снаряд, вылетевший из орудия под некоторым углом, в верхней точке своей параболической траектории разрывается на два осколка равной массы. Один осколок после взрыва возвращается к орудию по прежней траектории. Где упадёт второй осколок? Упадут ли оба осколка на землю одновременно? Сопротивление воздуха не учитывать.

**В9.6.** Снаряд вылетает из орудия под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $V_0$ . В некоторой точке траектории он разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых падает по вертикали, а другой начинает двигаться под углом  $\beta$  к горизонту. Какова скорость второго осколка после разрыва? Сопротивление воздуха не учитывать.

**В9.7.** Человек массы  $m$  неподвижно стоит на тележке массы  $M$ . С какой скоростью начнёт двигаться тележка, если человек побежит по ней с относительной скоростью  $U$ ? Трение тележки о землю не учитывать.

### Задачи сложные

**С9.1.** Снаряд, вылетевший из орудия под некоторым углом к горизонту, разрывается на два осколка равной массы. Первый осколок под влиянием взрыва возвращается в исходную точку по прежней траектории. Где упадёт второй осколок? Упадут ли оба осколка на землю одновременно? Сопротивление воздуха не учитывать.

**С9.2.** С горизонтальной поверхности земли бросили под углом  $\alpha$  к горизонту со скоростью  $V_1$  комок сырой глины. Одновременно комок вдвое большей массы бросили с поверхности земли под углом  $\beta$  к горизонту со скоростью  $V_2$ . Причём скорости комков лежат в одной плоскости. В результате столкновения комки слиплись. Найти скорость упавшего на землю комка.

**С9.3.** Снаряд, летящий горизонтально со скоростью  $V=100$  м/с, разрывается на две равные части, одна из которых летит вертикально вниз, а другая вверх под углом  $\alpha=80^\circ$  к горизонту. Через какое время обе половинки окажутся на расстоянии  $L=200$  м друг от друга? Сопротивление воздуха не учитывать.

**С9.4.** На гладкой горизонтально плоскости стоит брусок массой  $M$  (рис 9.4). К бруску привязана нить, длиной  $l$ , на конце которой находится шарик массой  $m$ . В начальный момент нить была отклонена от вертикали на некоторый угол и отпущена без начальной скорости. Найти скорость бруска в момент, когда нить проходит через вертикальное положение, зная, что её угловая скорость в это момент равна  $\omega$ .



**С9.5.** Пусть в предыдущей задаче нить имеет угловую скорость  $\omega$  в момент, когда она образует с вертикалью угол  $\alpha$ . Найти скорость бруска в этот момент.

**С9.6.** Призма 1, имеющая массу  $m$ , была положена на призму 2, имеющую массу  $3m$  (рис. 9.5). Верхняя призма начала скользить по нижней и в некоторый момент времени двигалась по ней со скоростью  $V_{\text{отн}}$ . Какую скорость имела в этот момент нижняя призма? Призмы и горизонтальную плоскость считать гладкими.

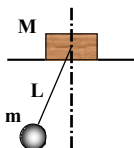


Рис. 9.4

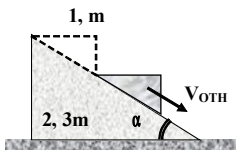


Рис. 9.5

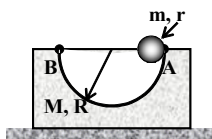


Рис. 9.6

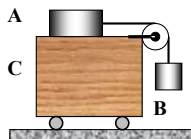


Рис. 9.7

**С9.7.** Какое расстояние пройдёт нижняя призма из предыдущей задачи к моменту, когда верхняя призма коснётся горизонтальной плоскости?

**С9.8.** Сферическая чашка стоит на гладкой горизонтальной плоскости (рис. 9.6). По внутренней поверхности чашки скатывается шарик, начинающий движение из точки  $A$  (без начальной скорости). Масса чашки  $M$ , масса шарика  $m$ , радиус чашки  $R$ , радиус шарика  $r$ . На сколько переместится чашка, когда шарик придёт в положение  $B$ ?

**С9.9.** Открытая цистерна с водой стоит на рельсах, по которым может двигаться без трения. Масса цистерны  $M$ , масса воды  $m$ . Сверху в цистерну на расстоянии  $l$  от её центра падает вертикально груз массой  $m_1$ . В какую сторону и на сколько сдвинется цистерна к тому времени, когда движение воды успокоится, и груз будет плавать?

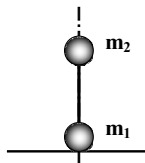
**С9.10.** Лодка стоит неподвижно в стоячей воде. Человек, находящийся в лодке, переходит с носа на корму. На какое расстояние сдвинется лодка, если масса человека  $m$ , масса лодки  $M$ , длина лодки  $L$ . Сопротивление воды не учитывать.

**С9.11.** На тележке  $C$  (рис. 9.7) расположены соединённые нерастяжимой нитью грузы  $A$  и  $B$ . Пренебрегая массами блоков и нити, а также трением, решите: а) как будут двигаться грузы и тележка, если в начальный момент времени они покоились? б) как должна быть приложена сила к тележке, чтобы груз  $A$  был неподвижен относительно неё?

**С9.12.** Призма с массой  $M$  и с углом наклона  $\alpha$  стоит на гладкой горизонтальной поверхности льда. На призме стоит собака, масса которой  $m$ . С какой скоростью будет двигаться призма, если собака побежит вверх со скоростью  $V$  относительно призмы? Трением между призмой и льдом пренебречь.

**С9.13.** Два шарика с массами  $m_1$  и  $m_2$ , соединённые лёгким стержнем, ставят вертикально на гладкий стол, а затем отпускают (рис. 9.8). Определить смещение нижнего шарика относительно его начального положения в момент, когда второй шарик коснётся стола.

**С9.14.** Через блок, подвешенный достаточно высоко, переброшен канат, по концам которого поднимаются две обезьяны одной и той же массы, причём одна перемещается по канату вдвое быстрее другой. Которая из них раньше доберётся до верха? Блок считать невесомым, а канат – невесомым и нерастяжимым.



**Рис. 9.8**

**С9.15.** Цепь длиной **80 см** и массой **200 г** положили на гладкую горизонтальную поверхность и раскрутили вокруг одного из концов с угловой скоростью **10 рад/с**. Чему равна сила натяжения цепи в середине её длины?

**С9.16.** Два шарика массой  $m$  каждый, соединённые нитью длиной  $l$ , движутся по гладкой горизонтальной поверхности. В некоторый момент один из шариков неподвижен, а скорость другого равна  $V$  и направлена перпендикулярно нити. Чему равна сила натяжения нити?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

А: все.

В: 9.1, 9.2, 9.3, 9.5, 9.7.

С: 9.1, 9.2, 9.4, 9.6, 9.11, 9.12, 9.14.

### Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 5.1-5.3, 5.7.

2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 15.1-15.4, 15.7-15.8.

3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения.

Т.1. Механика. §§ 29-30.

4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 49-51.

5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 10, 18-20.

## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

### Задание №9-10. Работа. Мощность

#### Задачи простые

**A10.1.** Когда сила, действующая на тело, не производит работы при перемещении тела?

**A10.2.** Зависит ли работа силы от выбора системы отсчета? Приведите примеры.

**A10.3.** Тело массы  $m$ , брошенное вертикально вверх, поднялось на высоту  $H$  и упало в исходную точку. Чему равна работа силы тяжести при движении тела: а) вверх? б) вниз?

**A10.4.** Сплавщик передвигает багром плот, прилагая к багру силу  $200\text{ Н}$ . Какую работу совершит сплавщик, переместив плот на  $10\text{ м}$ , если угол между направлением силы и направлением перемещения  $45^\circ$ ?

**A10.5.** Какую работу совершает человек при поднятии тела массой  $2\text{ кг}$  на высоту  $1\text{ м}$  с ускорением  $3\text{ м/с}^2$ ?

**A10.6.** Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину с жесткостью  $40\text{ кН/м}$  на  $0,5\text{ см}$ ?

**A10.7.** Динамометр, рассчитанный на  $40\text{ Н}$ , имеет пружину с жесткостью  $500\text{ Н/м}$ . Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину от середины шкалы до последнего деления?

**A10.8.** Для растяжения пружины на  $4\text{ мм}$  необходимо совершить работу  $0,02\text{ Дж}$ . Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину на  $4\text{ см}$ ?

**A10.9.** Какую мощность должен развить мотор самолёта для обеспечения подъема самолета на высоту  $1\text{ км}$ , если вес самолета  $30000\text{ кг}$ , а время подъема  $1\text{ мин}$ ?

**A10.10.** Полезная мощность насоса  $10\text{ кВт}$ . Какой объём воды может поднять этот насос с глубины  $18\text{ м}$  в течение  $1\text{ ч}$ ?

**A10.11.** Велосипедист въезжает в гору с постоянной скоростью. Определить мощность, которую развивает велосипедист, если длина шатуна педали  $25\text{ см}$ , время полного оборота шатуна  $2\text{ с}$ , а средняя сила давления ноги на педаль  $1500\text{ Н}$ .

#### Задачи средние

**B10.1.** Двое ухватились за веревку и тянут ее в разные стороны. Один из них перетянул. Означает ли это, что он прилагает к веревке большую силу, нежели другой? Сравните работы, совершаемые силами, приложенными к веревке.

**B10.2.** Приведите пример, когда работа силы трения положительна.

**B10.3.** Тело медленно поднимают по наклонной плоскости на высоту  $H$ , прикладывая к нему силу  $F$ . Масса тела  $m$ , коэффициент трения  $\mu$ , угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha$ . Чему равна работа: а) силы тяжести? б) силы  $F$ ? в) силы трения?

**В10.4.** Тело массы  $m$  вращается на нити длины  $l$  в вертикальной плоскости. Чему равна работа силы натяжения нити за четверть оборота?

**В10.5.** Две пружины одинаковых размеров (железная и медная) упруго растянуты на одну и ту же длину. На растяжение которой из них понадобилось совершить большую работу? Почему?

**В10.6.** Две пружины одинаковых размеров (железная и медная) упруго растянуты одной и той же силой. На растяжение которой из них понадобилось совершить большую работу? Почему?

**В10.7.** Сравнить работы, которые совершает человек, растягивая пружину динамометра от  $0$  до  $10\text{ Н}$ , от  $10$  до  $20\text{ Н}$ , от  $20$  до  $30\text{ Н}$ .

**В10.8.** Тело массы  $m$  брошено вертикально вверх со скоростью  $V_0$ . Чему равна средняя мощность силы тяжести за время достижения телом максимальной высоты?

**В10.9.** Шкив радиусом  $R$  делает  $n$  оборотов в секунду, передавая ремнём мощность  $N$ . Найти силу натяжения  $T$  ремня, идущего без скольжения.

**В10.10.** На тело, неподвижно лежащее на горизонтальной поверхности, действует параллельная поверхности сила, зависящая от пройденного телом расстояния  $x$  так, как показано на рисунке 10.1. Определите работу силы  $F$  на участке пути от  $0$  до  $2x_0$ .

**В10.11.** Трамвай массой  $M$  проходит по улице, поднимающейся вверх под углом  $\alpha$  к горизонту, с определенной скоростью. На горизонтальном участке пути он может с той же скоростью идти с прицепным вагоном массой  $M_1$ . Как велика масса  $M_1$ , если коэффициент трения качения колес равен  $k$ ? Мощность двигателя постоянна.

**В10.12.** Грузовики, снабженные двигателями мощностью  $N_1$  и  $N_2$ , развивают скорости соответственно  $V_1$  и  $V_2$ . Какова будет скорость грузовиков, если их соединить тросом?

**В10.13.** Камень шлифовального станка имеет диаметр  $d=60\text{ см}$  и делает  $n=120\text{ об/мин}$ . Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой  $F=1000\text{ Н}$ . Какая мощность затрачивается на шлифовку, если коэффициент трения камня о деталь  $k=0.2$ ?

### Задачи сложные

**С10.1.** Какую работу совершит сила  $F=30\text{ Н}$ , подняв по наклонной плоскости груз массой  $m=2\text{ кг}$  на высоту  $h=2.5\text{ м}$  с ускорением  $a=10\text{ м/с}$ . Сила действует параллельно наклонной плоскости. Трением о плоскость пренебречь.

**С10.2.** Цепь массой  $M$  и длиной  $l$  лежит у границы двух соприкасающихся полуплоскостей из разных материалов (рис. 10.2). Какую работу надо совершить, чтобы передвинуть цепь на вторую полуплоскость? Коэффициенты трения полуплоскостей с цепью соответственно  $k_1$  и  $k_2$ .

**С10.3.** Изменяются ли работа, совершенная мотором эскалатора, и мощность, если человек, стоящий на движущейся вверх лестнице эскалатора, будет сам также подниматься по эскалатору с постоянной скоростью.

**С10.4.** Тело массы  $m$  брошено под углом  $\alpha$  к горизонту со скоростью  $V_0$ . Чему равна мгновенная мощность силы тяжести: а) сразу после броска; б) в момент достижения максимальной высоты; в) непосредственно перед падением на землю? Чему равна средняя мощность силы тяжести за время полета?

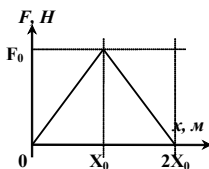


Рис. 10.1

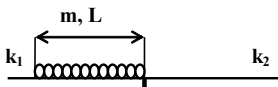


Рис. 10.2

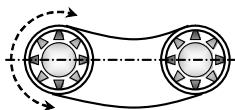


Рис. 10.3

**С10.5.** Пружину, имеющую в недеформированном состоянии длину  $l_0$ , растягивают сначала от  $l_0$  до  $2l_0$ , совершая работу  $A_1$ , а затем - от  $2l_0$  до  $3l_0$ , совершая работу  $A_2$ . Как соотносятся между собой эти работы?

**С10.6.** К грузу, лежащему на полу, прикреплена пружина жесткостью  $200 \text{ Н/м}$ , к свободному концу которой прикладывают силу под углом  $30^\circ$  к горизонту и медленно растягивают пружину. Коэффициент трения между грузом и полом  $0.4$ , масса груза  $2 \text{ кг}$ . Какую работу придется совершить, прежде чем груз тронется с места?

**С10.7.** Два шкива, находящихся на одном уровне, соединены ремнем: левый шкив ведущий (рис. 10.3). Когда возможно передать через эту трансмиссию большую мощность: когда шкивы вращаются по часовой стрелке или когда против?

### Задачи очень сложные

**D10.1.** Какую работу нужно совершить, чтобы длинную доску, лежащую на земле, повернуть в горизонтальной плоскости вокруг одного из концов на угол  $\alpha$ ? Длина доски  $L$ , масса  $M$ , коэффициент трения между доской и землей  $k$ .

**D10.2.** Вверх по наклонной плоскости равномерно со скоростью  $V$  поднимают тело массы  $m$ , причем сила направлена вдоль наклонной плоскости. При каком угле наклона затрачиваемая мощность  $P$  будет максимальной и каково значение максимальной мощности? Коэффициент трения между телом и наклонной плоскостью равен  $\mu$ .

**D10.3.** Аэросани массой  $10^3 \text{ кг}$  начинают равноускоренно двигаться с помощью мотора, мощность которого линейно зависит от времени  $N=at$ , где  $a=0.48 \text{ кВт/с}$ . Коэффициент трения о снег  $k=0.028$ . Какой путь пройдут сани за  $30 \text{ с}$  после начала движения?

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

А: все.

В: 10.1-10.5, 10.7, 10.8, 10.13.

С: 10.1, 10.3-10.5, 10.7.

### Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 6.1-6.4.

2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 16.1-16.6.

3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 31.

4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 86-96, 106-109.

5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 22.

## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

### *Задание №9-11. Энергия. Теорема о кинетической энергии*

#### Задачи простые

**A11.1.** Автомобиль массой  $2\text{ т}$  затормозил и остановился, пройдя путь  $50\text{ м}$ . Найти работу силы трения и изменение кинетической энергии автомобиля, если дорога горизонтальна, а коэффициент трения равен  $0,4$ .

**A11.2.** Масса самосвала в  $18$  раз больше массы легкового автомобиля, а скорость самосвала в  $6$  раз меньше скорости легкового автомобиля. Сравнить импульсы и кинетические энергии этих автомобилей.

**A11.3.** Сравнить тормозные пути груженого и порожнего автомобилей, двигающихся с одинаковой скоростью, если считать, что коэффициенты трения при торможении одинаковы.

**A11.4.** Санки с седоком общей массой  $100\text{ кг}$  съезжают с горы высотой  $8\text{ м}$  и длиной  $100\text{ м}$ . Какова средняя сила сопротивления движению санок, если в конце горы они достигли скорости  $10\text{ м/с}$ , а их начальная скорость была равна нулю.

**A11.5.** Тело брошено со скоростью  $V_0$  под углом к горизонту. Определить его скорость на высоте  $h$ .

**A11.6.** Пуля массой  $9,6\text{ г}$  вылетает из ствола пулемета со скоростью  $825\text{ м/с}$ . Через  $100\text{ м}$  скорость пули уменьшается до  $746\text{ м/с}$ , а через  $200\text{ м}$  - до  $675\text{ м/с}$ . Найти работу силы сопротивления воздуха на первых и вторых ста метрах пути.

**A11.7.** Парашютист массой  $80\text{ кг}$  отделился от неподвижно висящего вертолета и, пройдя до раскрытия парашюта путь  $200\text{ м}$ , приобрел скорость  $50\text{ м/с}$ . Найти работу силы сопротивления воздуха на этом пути.

**A11.8.** При подготовке игрушечного пистолета к выстрелу пружину с жесткостью  $800 \text{ Н/м}$  сжали на  $5 \text{ см}$ . Какую скорость приобретает пуля массой  $20 \text{ г}$  при выстреле в горизонтальном направлении?

**A11.9.** Во сколько раз изменится скорость «снаряда» пружинного пистолета при выстреле в горизонтальном направлении: а) при увеличении сжатия пружины в  $2$  раза; б) при замене пружины другой, жесткость которой в  $2$  раза больше; в) при увеличении массы «снаряда» в  $2$  раза? В каждом случае все остальные величины, от которых зависит скорость, остаются неизменными.

### Задачи средние

**B11.1.** Троллейбус массой  $15 \text{ тонн}$  трогается с места с ускорением  $1.4 \text{ м/с}^2$ . Найти работу силы тяги и работу силы сопротивления на первых  $10 \text{ м}$  пути, если коэффициент сопротивления равен  $0.02$ . Какую кинетическую энергию приобрел троллейбус?

**B11.2.** Какую работу надо совершить, чтобы заставить поезд массой  $M=900 \text{ тонн}$ : а) увеличить свою скорость от  $V_1=36 \text{ км/ч}$  до  $V_2=54 \text{ км/ч}$ ; б) остановиться при начальной скорости  $V_3=72 \text{ км/ч}$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**B11.3.** Тело массы  $m$  пускают со скоростью  $V_0$ , вверх по наклонной плоскости. Затем тело опускается вниз и останавливается в исходной точке. Определите работу силы трения за время движения тела.

**B11.4.** Тело массы  $m$  бросили с башни высоты  $H$  со скоростью  $V_0$  (рис. 11.1). На высоте  $h$  тело имело скорость  $V_1$ . Определить по этим данным работу силы сопротивления воздуха.

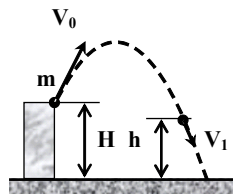


Рис. 11.1

**B11.5.** Автомобиль с полностью включенными тормозами (колёса не вращаются) может удержаться на склоне горы с уклоном до  $23^\circ$ . Каков тормозной путь автомобиля при торможении на горизонтальной дороге при скорости движения  $10 \text{ м/с}$ ? Коэффициент сцепления колес с грунтом на склоне горы и на дороге одинаков.

**B11.6.** Тело скользит вниз по наклонной плоскости. Угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha=20^\circ$ , длина ее  $l=4 \text{ м}$ , коэффициент трения тела о плоскость  $k=0.2$ . С какой скоростью будет двигаться тело в момент перехода с наклонной плоскости на горизонтальную поверхность?

**B11.7.** От удара копра весом  $P=5000 \text{ Н}$ , свободно падающего с некоторой высоты, свая погружается в грунт на  $S=1 \text{ см}$ . Определить силу  $F$  сопротивления грунта, считая ее постоянной, если скорость копра перед ударом  $V=10 \text{ м/с}$ . Весом сваи при расчете пренебречь.

**B11.8.** Найти скорость вылета «снаряда» пружинного пистолета массой  $m$  при выстреле вертикально вверх, если жесткость пружины равна  $k$ , а

сжатие  $x$ . Одинаковую ли скорость приобретает "снаряд" при выстреле горизонтально и вертикально вверх?

**В11.9.** Два автомобиля одновременно трогаются с места и движутся равноускоренно. Массы автомобилей одинаковы. Во сколько раз средняя мощность двигателя первого автомобиля больше средней мощности второго, если за одно и то же время первый автомобиль развивает скорость *вдвое* большую, чем второй? Сопротивлением движению пренебречь.

**В11.10.** Шарик массой  $m=100$  г, подвешенный на нити длиной  $l=40$  см, описывает в горизонтальной плоскости окружность. Какова кинетическая энергия  $K$  шарика, если за время его движения нить образует с вертикалью постоянный угол  $60^\circ$ ?

**В11.11.** Снаряд массой  $6$  кг проходит в стволе орудия  $2$  м и вылетает с горизонтальной скоростью  $600$  м/с. Считая, что снаряд движется с постоянным ускорением, вычислить мощность, развиваемую орудием за время выстрела.

**В11.12.** С какой начальной скоростью надо бросить вниз мяч с высоты  $h$ , чтобы он подпрыгнул на высоту  $2h$ ? Считать удар о землю абсолютно упругим.

### Задачи сложные

**С11.1.** Разогнавшись, конькобежец некоторое время движется по горизонтальной ледяной дорожке равномерно. Затем, перестав отталкиваться, он, двигаясь равнозамедленно, проезжает до остановки путь  $S=60$  м в течение  $t=25$  с. Масса конькобежца  $m=50$  кг. Определить: а) коэффициент трения; б) мощность, затрачиваемую конькобежцем при равномерном движении.

**С11.2.** Сани с массой  $M=120$  кг скатываются по склону горы под углом к горизонту  $\alpha=14^\circ$ . Длина спуска  $60$  м. Коэффициент трения скольжения саней  $\mu=0.14$ . Определить: а) ускорение  $a_1$  саней при движении с горы; б) скорость в конце спуска; в) время спуска  $t_1$ ; г) кинетическую энергию  $K_1$  в конце спуска; д) какое расстояние  $s$  прокатятся сани после спуска по горизонтали; е) сколько времени  $t_2$  продолжится движение по горизонтали; ж) ускорение  $a_2$  при движении по горизонтальному участку пути.

**С11.3.** Некоторая сила толкает тело массой  $m=16$  кг вверх по наклонной плоскости длиной  $l=3.1$  м и с наклоном  $\alpha=30^\circ$  к горизонту: 1) Скорость тела у основания наклонной плоскости была  $V_0=0.6$  м/с, а у ее верхнего края  $V_1=3.1$  м/с. Чему равна работа, произведенная силой? Трения нет. 2) Чему равна работа той же силы, и какова будет кинетическая энергия тела в верхней точке наклонной плоскости, если есть трение и коэффициент трения  $\mu=0.1$ ? Сила направлена вдоль наклонной плоскости.

**С11.4.** К грузу массой  $m$  приложена постоянная вертикальная сила, поднимающая его за время  $t$  на высоту  $h$ . Какую работу совершила сила за время подъема?



**C11.5.** Камень массой  $m=200$  г брошен с горизонтальной поверхности под углом к горизонту и упал на нее обратно на расстоянии  $S=5$  м через  $t=1.2$  с. Найти работу бросания. Сопротивлением воздуха пренебречь.

**C11.6.** Пуля, летящая со скоростью  $V_0$ , пробивает несколько одинаковых досок, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. В какой по счету доске застрянет пуля, если ее скорость после прохождения первой доски равна  $V_1=0.83V_0$ ?

**C11.7.** Тело с начальной скоростью  $V_1=14$  м/с падает с высоты  $h=240$  м и углубляется в песок на  $S=0.2$  м. Определить среднюю силу сопротивления почвы. Вес тела 1 кг. Сопротивление воздуха не учитывать. Решить задачу двумя путями: с помощью законов Ньютона и на основании теоремы о кинетической энергии.

**C11.8.** Два шарика, *A* и *B*, массы которых одинаковы и равны  $m$ , подвешены один на нерастяжимой нити, другой на резиновом шнуре. Оба шарика отклонены от положения равновесия на угол  $90^\circ$  и отпущены. Когда шарики проходят положение равновесия, длина резинового шнура становится равной длине нити (рис. 11.2). Какой из шариков при прохождении положения равновесия будет иметь большую линейную скорость?

**C11.9.** Какой путь  $S$  пройдут санки по горизонтальной поверхности после спуска с горы высотой  $h=15$  м, имеющей уклон  $\alpha=30^\circ$ ? Коэффициент трения  $\mu=0.2$ .

**C11.10.** Тело соскальзывает с горки высоты  $H$  и, пройдя некоторое расстояние по горизонтали, останавливается. Какую работу надо совершить, чтобы втащить тело на горку по тому же пути? Масса тела  $M$ .

**C11.11.** На тонкий шкив, вращающийся вокруг горизонтальной оси, намотана нить, к концу которой подвешен груз (рис. 11.3). Масса груза равна  $m$ , масса шкива равна  $M$ , массой спиц можно пренебречь; движение системы начинается из состояния покоя. Какую скорость будет иметь груз после того, как пройдет расстояние  $s$ ?

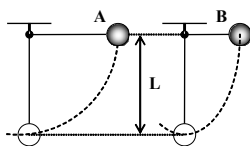


Рис. 11.2

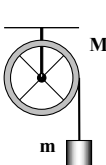


Рис. 11.3

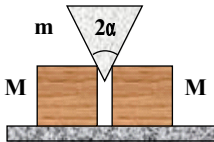


Рис. 11.4

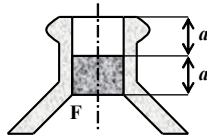


Рис. 11.5

### Задачи очень сложные

**D11.1.** Санки, движущиеся по горизонтальному льду со скоростью  $V=6$  м/сек, выезжают на асфальт. Длина полозьев санок  $L=2$  м, коэффициент трения об асфальт  $\mu=1$ . Какой путь  $S$  пройдут санки до полной остановки?

**D11.2.** Какую работу необходимо затратить, чтобы вытащить пробку из горлышка бутылки (рис. 11.4)? Длина пробки  $a$ . Пробка находится от края горлышка тоже на расстоянии  $a$ . Сила трения между пробкой и бутылкой  $F$ . Весом пробки пренебречь.

**D11.3.** Какая сила необходима для вытаскивания из доски гвоздя длиной  $80\text{ мм}$ , если он забит с *шести* ударов молотка весом  $5\text{ Н}$  при скорости молотка непосредственно перед ударом  $2\text{ м/с}$ . Массой гвоздя можно пренебречь.

**D11.4.** На горизонтальной поверхности (рис. 11.5) стоят два одинаковых кубика массой  $M$ . Между кубиками находится тяжелый клин массой  $m$  с углом при вершине  $2\alpha$ . Чему равны ускорения кубиков? Трением пренебречь.

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

A: все.

B: 11.1, 11.2, 11.4, 11.6, 11.9, 11.11, 11.12.

C: 11.1-11.5, 11.9.

### Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 6.4-6.5.

2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 16.1-16.4.

3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. § § 31.

4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. § § 96, 99-100.

5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. § § 23.

## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

### *Задание №9-12. Потенциальная энергия. Полная механическая энергия*

#### Задачи простые

**A12.1.** Какие силы называются консервативными? Приведите примеры консервативных и неконсервативных сил.

**A12.2.** Чему равна потенциальная энергия тела в поле консервативных сил? Возможно ли определить потенциальную энергию в поле неконсервативных сил? Почему?

**A12.3.** Может ли потенциальная энергия быть отрицательной? Приведите примеры.

**A12.4.** Может ли максимальное значение потенциальной энергии быть равным нулю? А минимальное? Приведите примеры.

**A12.5.** Какую работу надо совершить, чтобы лежащий на земле однородный стержень длиной  $2\text{ м}$  и массой  $100\text{ кг}$  поставить вертикально?

**A12.6.** Тело массой  $0.5\text{ кг}$  брошено вертикально вверх со скоростью  $4\text{ м/с}$ . Найти работу силы тяжести, изменение потенциальной энергии и изменение кинетической энергии при подъеме тела до максимальной высоты.

**A12.7.** К концу сжатия пружины детского пружинного пистолета на  $3\text{ см}$  приложенная к ней сила была равна  $20\text{ Н}$ . Найти потенциальную энергию сжатой пружины.

**A12.8.** На рис. 12.1 приведен график зависимости растягивающей силы от удлинения пружины. Определить потенциальную энергию пружины, растянутой на  $8\text{ см}$ . Указать физический смысл тангенса угла  $\alpha$  и площади треугольника под участком  $OA$  графика.

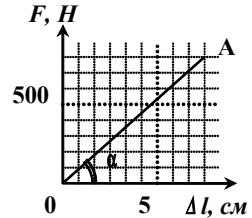


Рис. 12.1

### Задачи средние

**B12.1.** Найти потенциальную и кинетическую энергии тела массой  $3\text{ кг}$ , падающего свободно с высоты  $5\text{ м}$ , на расстоянии  $2\text{ м}$  от поверхности земли.

**B12.2.** Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $V_0=16\text{ м/с}$ . На какой высоте  $h$  кинетическая энергия тела равна его потенциальной энергии?

**B12.3.** С башни высотой  $H=25\text{ м}$  горизонтально брошен камень со скоростью  $V_0=15\text{ м/с}$ . Найти кинетическую и потенциальную энергию камня спустя одну секунду после начала движения. Масса камня  $m=0.2\text{ кг}$ . Сопротивлением воздуха пренебречь.

**B12.4.** Тело массы  $m$  бросили со скоростью  $V_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Построить графики зависимости потенциальной  $\Pi$ , кинетической  $K$  и полной  $W$  энергий от времени. Сопротивлением воздуха пренебречь.

**B12.5.** Действуя постоянной силой  $F=200\text{ Н}$ , поднимают груз массой  $M=10\text{ кг}$  на высоту  $h=10\text{ м}$ . Какую работу  $A$  совершает сила  $F$ ? Какой потенциальной энергией  $\Pi$  будет обладать поднятый груз?

**B12.6.** Какую минимальную работу надо совершить, чтобы выкопать колодец глубины  $H$ ? Масса выбираемого грунта равна  $m$ . Плотность грунта не зависит от глубин.

**B12.7.** Оконная шторка массой  $M=1\text{ кг}$  и длиной  $l=2\text{ м}$  свертывается на тонкий валик наверху окна. Какая при этом совершается работа? Трением пренебречь.

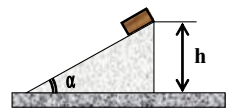


Рис. 12.2

**B12.8.** Тяжелое тело соскальзывает без трения с трехгранной призмы, изображенной на рис. 12.2. Призма лежит на горизонтальной плоскости и может перемещаться по ней без трения. В первом случае призма закреплена неподвижно, во втором свободна. Будет ли скорость тела в конце соскальзывания с призмы одинакова в обоих случаях, если тело оба раза соскальзывает с одной и той же высоты?

**B12.9.** На гладкой горизонтальной плоскости лежали два шара, между которыми находилась лёгкая сжатая пружина. Затем пружине дали возможность распрямиться, вследствие чего шары приобрели некоторые скорости. Вычислить их, зная, что массы шаров равны  $1\text{ кг}$  и  $2\text{ кг}$ , а энергия сжатой пружины равна  $3\text{ Дж}$ .

**B12.10.** Нить маятника длины  $l$  отклонена до горизонтального положения (рис. 12.3) и отпущена. Какова должна быть минимальная прочности нити, чтобы она могла выдержать натяжение при прохождении маятником положения равновесия? Масса маятника  $m$ . Массой нити и сопротивлением воздуха пренебречь.

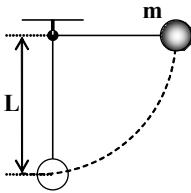


Рис. 12.3

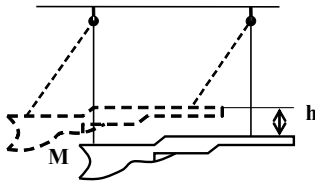


Рис. 12.4

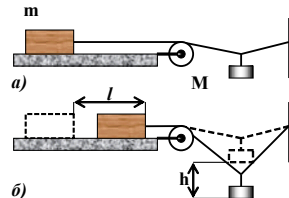


Рис. 12.5

**B12.11.** Груз массой  $25\text{ кг}$  висит на шнуре длиной  $2.5\text{ м}$ . На какую наибольшую высоту можно отвести в сторону груз, чтобы при дальнейших свободных качаниях шнур не оторвался? Прочность шнура на разрыв  $550\text{ Н}$ .

**B12.12.** Маятник, состоящий из небольшого тяжелого шарика на нерастяжимой и невесомой нити, колеблется в вертикальной плоскости. Когда шарик проходит через положение равновесия, нить испытывает натяжение, равное удвоенному весу шарика. На какой максимальный угол от вертикали отклоняется шарик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

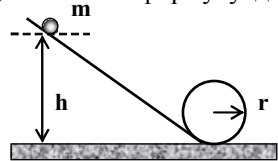
**B12.13.** Маятник отклоняют в горизонтальное положение и отпускают. При каком угле  $\alpha$  с вертикалью сила натяжения нити будет равна по величине действующей на маятник силе тяжести? Маятник считать математическим.

**B12.14.** Винтовка массой  $M=3\text{ кг}$  подвешена горизонтально на двух параллельных нитях. При выстреле в результате отдачи она отклонилась вверх на  $h=19.6\text{ см}$  (рис. 12.4). Масса пули  $m=10\text{ г}$ . Определить скорость  $V$ , с которой вылетела пуля.

**B12.15.** Прикрепленный к вертикальной невесомой пружине груз медленно опускают до положения равновесия, причем пружина растягивается на длину  $x_0$ . На сколько растянется пружина, если тому же грузу предоставить возможность падать свободно с такого положения, при котором пружина не растянута? Какой максимальной скорости достигнет при этом груз? Каков характер движения груза?

**B12.16.** Для определения коэффициента трения была использована установка, изображенная на рис. 12.5 а. Придерживая брусок массой  $m$

рукой, подвешивают к нити грузик массой  $m$ , а затем отпускают брусок. Грузик опускается по высоте на  $h$  до остановки, перемещая при этом брусок на плоскости на расстояние  $l$  (рис. 12.5 б). Вывести формулу для расчета коэффициента трения  $\mu$ .

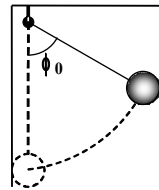


**В12.17.** В школьном опыте с «мертвой петлёй» (рис. 12.6) шарик массой  $m$  отпущен с высоты  $h=3r$  (где  $r$  – радиус петли). С какой силой давит шарик в нижней и верхней точках петли?

Рис. 12.6

### Задачи сложные

**С12.1.** Шарик, висящий на нити, отклонили от вертикали на угол  $60^\circ$  и отпустили без начальной скорости (рис. 12.7). В момент, когда шарик достиг вертикального положения, он ударился о вертикальную стенку и потерял половину своей кинетической энергии. На какой угол он отклонится после удара?



**С12.2.** Камень массой  $m=0.5$  кг, привязанный к веревке длиной  $l=50$  см, вращается в вертикальной плоскости. Сила натяжения веревки в момент прохождения нижней точки окружности  $T=44$  Н. На какую высоту  $h$  над нижней точкой окружности поднимется камень, если веревку

Рис. 12.7

перерезать в момент, когда его скорость направлена вертикально вверх?

**С12.3.** Груз с массой  $m=100$  г подвешен на нити и совершает колебания, отклоняясь на угол  $\alpha = 60^\circ$  в ту и другую сторону. Определить натяжение нити в момент, когда нить составляет угол  $\beta = 30^\circ$  с вертикалью.

**С12.4.** Нить с подвешенным на ней грузом отклонили на угол  $\alpha$  и отпустили. На какой угол  $\beta$  отклонится нить с грузом, если при своем движении она будет задержана штифтом, поставленным на вертикали, посередине длины нити?

**С12.5.** Шарик массой  $M$  подвешен на нити. В натянутом состоянии нить расположили горизонтально и отпустили шарик. Вывести зависимость силы натяжения нити  $T$  от угла  $\alpha$ , который образует в данный момент нить с горизонтальным направлением. Проверить выведенную формулу, решив задачу для случая прохождения шарика через положение равновесия, при  $\alpha = 90^\circ$ .

**С12.6.** Математический маятник длиной  $l$  и массой  $M$  отвели на угол  $\phi_0$  от положения равновесия и сообщили ему начальную скорость  $V_0$ , направленную перпендикулярно к нити вверх. Найти силу натяжения нити маятника  $T$  в зависимости от угла  $\phi$  нити с вертикалью.

**С12.7.** На невесомом стержне длины  $l$  в одном случае укреплен на конце масса  $2m$ , в другом случае укреплены две равные массы  $m$  – одна на конце, другая посередине стержня (рис. 12.8). Стержень может вращаться в вертикальной плоскости вокруг точки закрепления  $A$ . Какую

горизонтальную скорость нужно сообщить концу стержня  $C$  в первом и во втором случаях, чтобы он отклонился до горизонтального положения?

**С12.8.** На поверхности земли шарнирно закреплена штанга длины  $l_1$ , расположенная вначале вертикально. На верхнем конце штанги укреплены груз массы  $m_1$ , а на расстоянии  $l_2$  от нижнего конца – груз  $m_2$  (рис. 12.9). С какой скоростью груз  $m_1$  коснется

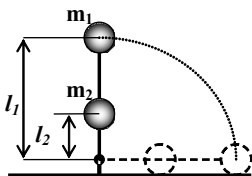


Рис. 12.9

земли, если штанга начинает падать без начальной скорости? Массой штанги можно пренебречь по сравнению с массой грузов.

**С12.9.** Небольшая тележка описывает в вертикальной плоскости "мертвую петлю" радиусом  $R$ , скатываясь с минимальной высоты, обеспечивающей прохождение всей петли. Чему равно полное ускорение тележки в тот момент, когда её скорость вертикальна? На какой высоте  $h$  сила давления на рельсы равна  $3/2$  веса тележки? Трением можно пренебречь.

**С12.10.** Гибкий резиновый шланг длиной  $l$  висит так, что один из его концов находится на  $l/3$  ниже другого. В шланг налито максимально возможное количество воды, ее плотность равна  $\rho$ . Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы вылить воду из шланга, поднимая его за нижний конец и удерживая верхний конец на неизменной высоте  $l$ . Внутренний диаметр шланга  $d$ . Массой шланга пренебречь. Радиус закругления шланга в изгибе много меньше  $l$ .

**С12.11.** Гибкий однородный канат длиной  $L$  лежит на гладком горизонтальном столе. Один конец каната находится у края стола. В некоторый момент от небольшого толчка канат начал двигаться, непрерывно соскальзывая со стола. Как зависит ускорение и скорость каната от длины  $x$  его куска, свешивающегося со стола? Какова будет скорость каната к моменту, когда он сползет со стола?

**С12.12.** Чему равно отношение потенциальной и кинетической энергий спутника, движущегося по круговой орбите с первой космической скоростью?

**С12.13.** Телу массой  $m=1$  кг, лежащему на длинной горизонтальной покоящейся тележке массы  $M=100$  кг, сообщают скорость  $V=10$  м/с. Коэффициент трения тела о платформу  $\mu=0.2$ . Какой путь пройдет тележка к тому моменту, когда тело остановится на ней? Какое количество теплоты выделится при движении тела вдоль тележки? Тележка катится по рельсам без трения.

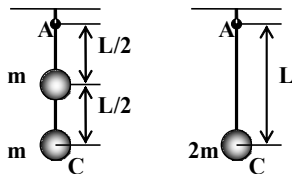


Рис. 12.8

**C12.14.** На гладкой горизонтальной поверхности лежит длинный брусок массой  $M_1$ . На бруске стоит пушка массой  $M_2$ . Из пушки производится выстрел в горизонтальном направлении снарядом массы  $m$ , вылетающим со скоростью  $V$  относительно земли. Пушка, испытав отдачу, проходит некоторое расстояние по бруску, затем под влиянием сил трения она перестает двигаться относительно бруска. Определить количество механической энергии  $Q$ , превратившейся в тепло за счет сил трения между пушкой и бруском.

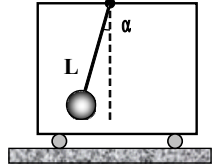


Рис. 12.10

**C12.15.** Тележка массой  $M$  стоит на гладкой горизонтальной плоскости (рис. 12.10). На тележке укреплен математический маятник, имеющий массу  $m$  и длину  $l$ . В начальный момент тележка и маятник имели скорость, равную нулю, и нить маятника образовывала угол  $\alpha$  с вертикалью. Найти скорость тележки в момент, когда маятник будет проходить через вертикальное положение. (Колеса тележки считать невесомыми)

**C12.16.** Пуля массы  $m_1=10$  г, летевшая горизонтально со скоростью  $V_1=600$  м/с, ударила в свободно подвешенный на длинной нити деревянный брусок массой  $m_2=0.5$  кг и застряла в нем, углубившись на  $S=10$  см. Найти силу сопротивления дерева движению пули. На какую глубину  $S_1$  войдет пуля, если тот же брусок закрепить.

**C12.17.** На нити, перекинутой через блок, подвешены два груза неравных масс  $m_1$  и  $m_2$ . Найти ускорение центра масс этой системы. Решить задачу двумя способами, применяя: а) закон сохранения энергии и б) закон движения центра масс. Массами блока и нити пренебречь.

**C12.18.** Конькобежец, разогнавшись до скорости  $V=27$  км/ч, въезжает на ледяную гору. На какую высоту  $H$  от начального уровня въедет конькобежец с разгона, если подъем горы составляет  $h=0.5$  м на каждые  $s=10$  м по горизонтали и коэффициент трения коньков о лед  $k=0.02$ ?

**C12.19.** Тело массой  $m=1$  кг движется по столу, имея в начальной точке скорость  $V_0=2$  м/с. Достигнув края стола, высота которого  $h=1$  м, тело падает. Коэффициент трения тела о стол  $k=0.1$ . Определить количество теплоты, выделившееся при неупругом ударе о землю. Путь, пройденный телом по столу,  $s=2$  м.

**C12.20.** Через два гвоздя, находящиеся на одной горизонтали, переброшена нить, к концам которой прикреплены грузы массой  $m$  каждый (рис. 12.11). К середине нити подвешивают груз массой  $M$  и предоставляют ему падать без начальной скорости. Определить наибольшее расстояние на которое опустится груз  $M$ , считая, что длина нити достаточно велика и  $M<2m$ . Трение нити о гвозди не учитывать.

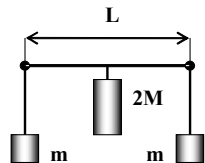


Рис. 12.11

**C12.21.** Стальной шарик массой  $m=20$  г, падая с высоты  $h_1=1$  м на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту  $h_2=81$  см. Найти: а) импульс силы, действовавшей на плиту за время удара; б) количество теплоты, выделившееся при ударе.

**C12.22.** Шарик массой  $m=50$  г прикреплен к двум одинаковым невесомым пружинам и нити (рис. 12.12). Угол  $\alpha=60^\circ$ , жёсткость каждой пружины  $k=10$  Н/м. В некоторый момент нить обрывается, и шарик начинает движение с ускорением  $a=2$  м/с. Найти максимальную скорость, которую приобретает шарик при своём движении, если расстояние между точками закрепления пружин не превышает удвоенной длины недеформированной пружины. Силой тяжести пренебречь.

**C12.23.** В конструкции, изображенной на рис. 12.13, груз  $m_1$  опускается, а груз  $m_2$  поднимается. Считая блоки не имеющими массы, найти скорость правого груза в момент, когда он прошел расстояние  $S$ . Начальные скорости грузов равны нулю, трение отсутствует.

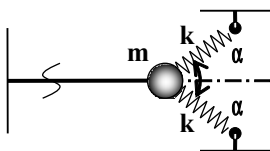


Рис. 12.12

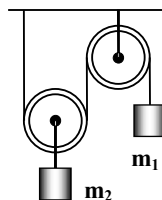


Рис. 12.13

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

А: все.

В: 12.1, 12.2, 12.3, 12.5, 12.7, 12.8, 12.10, 12.11, 12.14, 12.17.

С: 12.1, 12.2, 12.3, 12.5, 12.7, 12.13, 12.15, 12.17-12.19, 12.21, 12.23.

### Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 6.4-6.12.

2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 18.1-19.6.

3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 32-35.

4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 96-105.

5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 24-29.



## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

### Задание №9-13. Закон сохранения энергии

#### Задачи средние

**В13.1.** Нейтрон испытывает упругое соударение с ядром гелия и затем, отразившись, упруго соударяется с другим ядром гелия (при упругих соударениях суммарная кинетическая энергия сохраняется). Ядра гелия до соударения были неподвижны. Считая оба соударения центральными, определить, во сколько раз изменится энергия нейтрона после двух соударений.

**В13.2.** Во сколько раз уменьшится скорость атома гелия, после центрального упругого столкновения с неподвижным атомом водорода, масса которого в четыре раза меньше массы атома гелия.

**В13.3.** На пути тела массы  $m$ , скользящего по гладкому горизонтальному столу, находится незакрепленная горка массы  $M$  и высотой  $H$ . Профиль горки изображен на рис. 13.1. При какой минимальной скорости тело сможет переехать горку?



Рис. 13.1

**В13.4.** Движущийся шар ударяет в неподвижный шар такой же массы, после чего шары стали двигаться как одно целое. Какая часть механической энергии перешла во внутреннюю?

**В13.5.** По гладкой горизонтальной поверхности навстречу друг другу скользят два одинаковых абсолютно упругих шара. Скорости шаров  $V_1$  и  $V_2$ . С какими скоростями будут двигаться шары после центрального удара? Удар абсолютно упругий. Трение отсутствует.

**В13.6.** Два свинцовых шара поступательно движутся навстречу друг другу по прямой, соединяющей их центры. При столкновении шаров происходит неупругий удар, после которого шары движутся вместе. Найти количество тепла, выделившегося при ударе. Первый шар имел массу  $1 \text{ кг}$  и скорость  $20 \text{ м/с}$ , а второй – массу  $2 \text{ кг}$  и скорость  $4 \text{ м/с}$ .

**В13.7.** Автоматический пистолет имеет подвижный кожух, связанный с корпусом пружиной с жесткостью  $k=4 \text{ кН/м}$ . Масса кожуха  $M=400 \text{ г}$ , масса пули  $m=8 \text{ г}$ . При выстреле кожух должен отскочить назад на расстояние  $x=3 \text{ см}$ . Как велика должна быть минимальная скорость пули при вылете, чтобы пистолет мог работать?

**В13.8.** Пуля пробивает ящик, стоящий на гладкой горизонтальной плоскости. Масса пули  $m$ , масса ящика  $M$ , пуля подлетает к ящику со скоростью  $V$ , а вылетает из него со скоростью  $V/2$ . Сколько тепла выделилось при движении пули в ящике? (Начальную и конечную скорости пули считать горизонтальными.)

### Задачи сложные

**С13.1.** Легкий шарик начинает свободно падать и, пролетев расстояние  $l$ , сталкивается упруго с тяжелой плитой, движущейся вверх со скоростью  $U$ . На какую высоту  $h$  подскочит шарик после удара?

**С13.2.** Шарик движется между двумя очень тяжелыми вертикальными параллельными стенками, соударяясь с ними абсолютно упруго. Одна из стенок закреплена, другая движется от нее с постоянной горизонтальной скоростью  $U=0.5$  м/с. Определить число соударений  $n$  и окончательную скорость  $V$  шарика, если перед первым соударением со стенкой она была равна  $V_0=19.5$  м/с.

**С13.3.** С высоты  $H$  по гладкой наклонной плоскости длиной  $l=H/3$  и с углом наклона  $30^\circ$  соскальзывает без трения шарик и затем падает на горизонтальную плоскость, удар о которую следует считать абсолютно упругим. На какую высоту поднимается шарик после удара о плоскость?

**С13.4.** Лёгкая пружина с жёсткостью  $k$  и длиной  $l$  стоит вертикально на столе. С высоты  $H$  на неё падает небольшой шарик массы  $m$ . Какую максимальную скорость будет иметь шарик при своём движении вниз?

**С13.5.** Небольшое тело соскальзывает с вершины закреплённой на горизонтальной поверхности гладкой полусферы радиуса  $R$ . На какой высоте от поверхности оно оторвётся от полусферы?

**С13.6.** Лёгкая пружина зажата между телами  $A$  и  $B$ , лежащими на гладком полу и соединёнными нитью (рис. 13.2). Если тело  $A$  закрепить, то после пережигания нити тело  $B$  будет двигаться со скоростью  $V_B=12$  м/с, а если



Рис. 13.2

закрепить тело  $B$ , то после пережигания нити тело  $A$  будет двигаться со скоростью  $V_A=8$  м/с. С какими скоростями будут двигаться тела после пережигания нити, если их не закреплять?

**С13.7.** Два одинаковых тела массы  $m$  каждое, соединённые идеальной пружиной жёсткости  $k$ , лежат на горизонтальной плоскости. Левое тело касается вертикальной стены. Какую минимальную скорость, направленную к стенке, надо сообщить правому телу, чтобы при обратном движении от стенки оно сдвинуло левое тело? Коэффициент трения тел о плоскость  $\mu$ . Пружина изначально не деформирована.

**С13.8.** Тело, брошенное вертикально вверх, достигло максимальной высоты  $h=100$  м и разорвалось на две части с массами  $m_1=0.5$  кг и  $m_2=2$  кг. Части разлетелись горизонтально с суммарной кинетической энергией  $W=2.5$  кДж. На каком расстоянии друг от друга упадут эти части?

**С13.9.** В покоящийся клин с массой  $M$  попадает горизонтально летящая пуля с массой  $m$  и, после абсолютно упругого удара о поверхность клина, отскакивает вертикально вверх. На какую высоту поднимется пуля, если

горизонтальная скорость клина после удара оказалась равной  $V$ ? Трением пренебречь.

**С13.10.** Пуля массой  $9\text{ г}$ , летевшая вертикально вверх со скоростью  $200\text{ м/с}$ , пробила лежавшую на двух столах доску массой  $0,27\text{ кг}$ , при этом доска подпрыгнула на высоту  $0,2\text{ м}$  над уровнем столов. Какое количество тепла выделилось при прохождении пули через доску?

**С13.11.** Пуля попадает в ящик с песком и застревает в нем (рис. 13.3). На сколько сожмется пружина жесткостью  $k$ , удерживающая ящик, если пуля имеет массу  $m$  и движется со скоростью  $V$ , а масса ящика с песком равна  $M$ ?

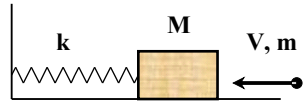


Рис. 13.3

**С13.12.** Груз висит на нити длиной  $l=4,5\text{ м}$ . В груз попадает пуля, летевшая горизонтально, и застревает в нём. Масса груза в  $20\text{ раз}$  превышает массу пули. С какой минимальной скоростью должна лететь пуля, чтобы груз с застрявшей в нем пулей описал полную окружность в вертикальной плоскости?

**С13.13.** На шар, лежащий на гладкой горизонтальной поверхности, налетает другой шар такого же радиуса, движущийся горизонтально. Между шарами происходит упругий центральный удар. Построить график зависимости доли переданной энергии от отношения масс шаров  $\gamma = m_1/m_2$ .

**С13.14.** Два шара подвешены на параллельных нитях одинаковой длины так, что они соприкасаются. Массы шаров  $m_1=200\text{ г}$  и  $m_2=100\text{ г}$ . Первый шар отклоняют так, что его центр тяжести поднимается на высоту  $h=4,5\text{ см}$ , и отпускают. На какую высоту поднимутся шары после соударения, если удар: а) упругий; б) неупругий.

**С13.15.** Шар массой  $m$ , движущийся со скоростью  $V$ , налетает на покоящийся шар массой  $m/2$  и после упругого удара продолжает двигаться под углом  $\alpha=30^\circ$  к направлению своего первоначального движения. Найти скорости шаров после столкновения.

**С13.16.** Маленький шарик, летевший горизонтально со скоростью  $12\text{ м/с}$ , упруго ударился о массивное тело, лежавшее на гладкой горизонтальной подставке на высоте  $H$ . После удара оба тела упали на землю на расстоянии  $S=10\text{ м}$  друг от друга. Найти высоту подставки  $H$ .

**С13.17.** Найти тепло  $Q$ , которое выделится при абсолютно неупругом ударе двух шариков с массами  $m_1=0,1\text{ кг}$  и  $m_2=0,4\text{ кг}$ , которые до удара двигались со скоростями  $V_1=10\text{ м/с}$  и  $V_2=20\text{ м/с}$ , перпендикулярными друг другу.

**С13.18.** На нити длиной  $2\text{ м}$  висит шарик массы  $0,05\text{ кг}$ . Шарик касается шайбы, которая лежит на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между шайбой и полом  $0,1$ . Нить с шариком отвели на угол  $90^\circ$  и отпустили. После упругого соударения шарика с шайбой нить отклонилась обратно на угол  $60^\circ$ , а шайба прошла до остановки путь  $S$ . Найти массу шайбы и путь  $S$ .

**C13.19.** На гладкой горизонтальной поверхности на некотором расстоянии от вертикальной стенки находится шар массой  $M$ . Другой шар, массой  $m$ , скользит с некоторой скоростью по направлению от стенки к первому шару. Между шарами происходит центральный упругий удар. При каком соотношении масс  $M$  и  $m$  второй шар после удара достигнет стенки и, упруго отразившись от нее, догонит первый шар?

**C13.20.** Два упругих шарика массами  $m_1$  и  $m_2$  движутся вдоль одной прямой со скоростями  $V_1$  и  $V_2$ . Во время столкновения шарики упруго деформируются. Найти максимальную потенциальную энергию деформации.

**C13.21.** Тонкая пластинка массы  $2m$ , движущаяся со скоростью  $V_0$ , ударяется о неподвижную тонкую пластину массы  $m$ , расположенную параллельно первой. Скорость  $V_0$  составляет угол  $\varphi$  с плоскостью параллельной плоскостям пластин. Пластинки претерпевают абсолютно упругий удар. Трение между ними отсутствует. С какими скоростями будут двигаться пластинки после соударения?

**C13.22.** Математический маятник, вращающийся в вертикальной плоскости, находится в лифте, движущемся вниз с ускорением  $2g$ . Когда маятник находится в нижней точке своей траектории, натяжение нити равно нулю. Определить натяжение нити в момент, когда маятник находится в верхней точке траектории. Масса маятника  $m$ .

**C13.23.** Маленький шарик подвешен в точке  $A$  на нити, длина которой  $l$ . В точке  $O$  на расстоянии  $l/2$  ниже точки  $A$  в стену вбит гвоздь. Шарик отводят так, что нить занимает горизонтальное положение, и отпускают (рис. 13.4). В какой точке траектории исчезнет натяжение нити? Как дальше будет двигаться шарик? До какой наивысшей точки поднимется шарик? В какой точке шарик пересечёт вертикаль, проходящую через точку подвеса?

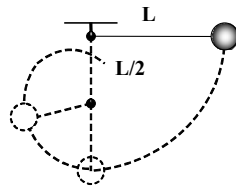


Рис. 13.4

### Задачи очень сложные

**D13.1.** Маленький шарик бросают вертикально вверх с некоторой начальной скоростью. В момент, когда он достигает максимальной высоты, за ним вертикально бросают другой такой же шарик с той же начальной скоростью. На некоторой высоте шарики сталкиваются, и в этот момент из той же точки бросают вертикально вверх с той же начальной скоростью третий такой же шарик. Через сколько времени с момента бросания третьего шарика упадут один за другим все три шарика? Удар шариков при встрече считать абсолютно упругим.

**D13.2.** На гладком горизонтальном столе лежат стальные шарики массами  $m$  и  $2m$ , связанные натянутой нитью длины  $l$ . Еще один шарик массы  $m$  налетает на систему со скоростью  $V$  (перпендикулярно натянутой нити), и происходит абсолютно упругий лобовой удар между

шариками массы  $m$ . Найти максимальную величину натяжения нити и ускорение шарика массы  $2m$ .

**D13.3.** Радиус витка цилиндрической спирали, ось которой вертикальна,  $R$  и расстояние между соседними витками (шаг винта)  $H$ . На спираль надевают маленькое колечко массы  $m$ , которое без трения начинает скользить вдоль спирали. С какой силой колечко будет давить на спираль после того, оно пройдет  $n$  полных витков?

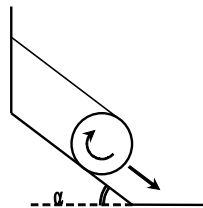


Рис. 13.5

**D13.4.** На полый цилиндр намотана нить, конец которой закреплён на стойке в верхней точке наклонной плоскости так, что при соскальзывании цилиндра нить все время параллельна наклонной плоскости (рис. 13.5). Определить скорость цилиндра в конце плоскости, наклоненной к горизонту под углом  $\alpha = 60^\circ$ , если при наклоне  $\beta = 30^\circ$  она равна  $V$ . Длина наклонной плоскости в обоих случаях равна  $L$ .

**D13.5.** Катер с водомётным двигателем движется с постоянной скоростью, забирая забортную воду и выбрасывая назад струю со скоростью  $20 \text{ м/с}$  относительно катера. Площадь поперечного сечения струи  $0.01 \text{ м}^2$ , плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Найти скорость катера, если действующая на него сила сопротивления пропорциональна скорости, причём коэффициент пропорциональности равен  $380 \text{ Н·с/м}$ .

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### Задачи

В: 13.2, 13.4-13.7.

С: 13.1, 13.3, 13.6, 13.9-13.11, 13.14, 13.15, 13.17, 13.18, 13.21, 13.22.

### Теория

1. Г.Я. Мякишев - Механика. §§ 6.4-6.12.

2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.1. §§ 18.1-19.6.

3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.1. Механика. §§ 31-35.

4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.1. §§ 96-105.

5. Д.В. Сивухин - Общий курс физики. Т.1. Механика. §§ 22-29.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Под ред. Мякишева Г.Я. Физика 10-11 кл. Учебник для углубленного изучения физики. В 5-и книгах. Москва. Дрофа.
2. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики. В 2-х томах. Москва. Физматлит.
3. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Физика для углубленного изучения. В 3-х книгах. Москва. Физматлит.
4. Под ред. акад. Ландсберга Г.С. Элементарный учебник физики. В 3-х томах. Москва. Физматлит.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Учебник для ВУЗов. Том 1. Механика. Москва. Физматлит.
6. Бутиков Е.И., Быков А.А., Кондратьев А.С. Физика в примерах и задачах. Москва. Наука.
7. Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Зильберман А.Р. Физика. Задачник (9-11 классы). Москва. Дрофа
8. Гольдфарб Н.И. Сборник вопросов и задач по физике для поступающих в вузы. Москва. Дрофа.
9. Квант. Научно-популярный физико-математический журнал.  
<http://www.kvant.info/> и <http://kvant.mccme.ru/>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Задание №9-1. Равномерное прямолинейное движение.....	2
Задание №9-2. Равнопеременное прямолинейное движение.....	6
Задание №9-3. Относительное движение. Движение по окружности.....	10
Задание №9-4. Силы. Законы Ньютона.....	15
Задание №9-5. Силы трения. Наклонная плоскость.....	18
Задание №9-6. Тяготение. Неинерциальные системы отсчёта.....	23
Задание №9-7. Системы тел со связями.....	28
Задание №9-8. Импульс. Закон сохранения импульса.....	34
Задание №9-9. Импульс системы тел. Центр масс.....	39
Задание №9-10. Работа. Мощность.....	43
Задание №9-11. Энергия. Теорема о кинетической энергии.....	46
Задание №9-12. Потенциальная энергия. Полная механическая энергия.....	50
Задание №9-13. Закон сохранения энергии.....	57
Список рекомендованной литературы.....	62
Оглавление.....	63