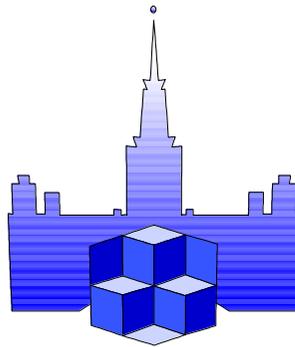


# ФИЗИКА

## СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Часть I  
Механика (2)

Составитель **Т.П. Корнеева**



Школа имени А.Н. Колмогорова  
2011



# **СБОРНИК ЗАДАЧ по ФИЗИКЕ**

Часть I

## **МЕХАНИКА (2)**

Составитель **Т.П.Корнеева**

**Школа им. А.Н. Колмогорова  
2011 г.**

Корнеева Т.П.

Сборник задач по физике.

Часть I. Механика (2).

Законы сохранения энергии и импульса. Статика. Динамика  
твёрдого тела.

Издание третье, исправленное и дополненное.

Школа им. А.Н. Колмогорова, 2011. – 52 с.

Настоящий сборник составлен на основе задач, известных как «классические», и используемых в течение многих лет при проведении семинарских занятий в физико-математической школе при Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова (ныне СУНЦ МГУ, школа имени А.Н. Колмогорова). Наряду с ними в сборник входят задачи, предлагавшиеся в разные годы на вступительных экзаменах в ВУЗы и олимпиадах различного уровня.

Задачи снабжены ответами, за исключением тех, где решение носит качественный характер. Задачи, отмеченные знаком «\*», требуют, как правило, более глубокого понимания физической сущности описываемых явлений, привлечения сведений из других разделов физики, а также предполагают владение более сложным математическим аппаратом.

## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ИМПУЛЬСА

### *Импульс. Закон изменения импульса. Закон сохранения импульса.*

**3.1.** На вагонетку массой 800 кг, катящуюся по горизонтальному пути со скоростью 0,2 м/с, насыпали сверху 200 кг щебня. На какую величину при этом уменьшилась скорость вагонетки?

**3.2.** Снаряд массой  $m$ , летящий со скоростью  $V$  параллельно рельсам, ударяет в неподвижную платформу с песком массой  $M$  и застревает в песке. С какой скоростью станет двигаться платформа?

**3.3.** По гладким горизонтальным рельсам движется платформа массы 200 кг со скоростью 20 км/ч. Сверху на нее вертикально падает каменный блок массы 50 кг и остается на платформе. Через некоторое время на платформе открывается люк, и блок проваливается вниз. С какой скоростью движется после этого платформа?

**3.4.** Лягушка массы  $m$  сидит на конце доски массы  $M$  и длины  $L$ . Доска плавает на поверхности пруда. Лягушка прыгает под углом  $\alpha$  к горизонту вдоль доски. Какой была при этом начальная скорость лягушки  $V_0$ , если после прыжка лягушка оказалась на другом конце доски? Сопротивление воды не учитывать.

**3.5.** Снаряд, летевший в горизонтальном направлении, разорвался на два одинаковых осколка. Один из осколков упал на землю через время  $t_1 = 0,5$  с после разрыва.

Через какое время после разрыва окажется на земле второй осколок, упавший позднее первого, если разрыв снаряда произошел на высоте  $H = 10$  м.

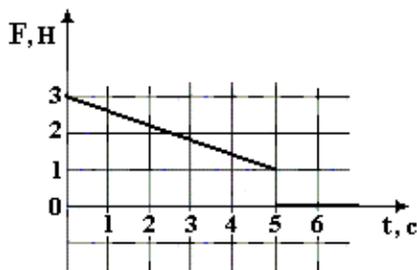
**3.6.** Граната, имевшая в наивысшей точке подъема скорость  $V = 20$  м/с, разорвалась в этой точке на два осколка равной массы. Один из осколков полетел вертикально вниз со скоростью  $V_1 = 30$  м/с. Найдите скорость и направление полета второго осколка.

**3.7.** Снаряд разрывается в верхней точке траектории на высоте  $h = 19,6$  м на две одинаковые части. Через время  $\tau = 1$  с после взрыва одна часть падает на Землю под тем местом, где произошел взрыв. На каком расстоянии  $S_2$  от места выстрела упадет вторая часть снаряда, если первая часть упала на расстоянии  $S_1 = 1$  км?

**3.8.** В центр шара массы  $M = 300$  г, лежащего на краю стола, попадает горизонтально летящая пуля массы  $m = 10$  г и пробивает его насквозь. Шар падает на расстоянии  $S = 6$  м от стола, а пуля - на расстоянии  $s = 15$  м. Высота стола  $H = 1$  м. Определить первоначальную скорость пули.

**3.9.** Мячик массой  $m = 300$  г летел к стенке со скоростью  $V_1 = 20$  м/с. После удара о стенку он отскочил под прямым углом к первоначальному направлению движения со скоростью  $V_2 = 15$  м/с. Какова средняя сила взаимодействия мячика и стенки во время удара, если продолжительность удара  $\tau = 0,05$  с?

**3.10.** На покоящееся тело массы  $m = 5$  кг в течение времени 5 с действует сила, величина которой убывает со временем по линейному закону, как показано на рисунке. Какую скорость приобретает тело после действия силы?



**3.11.** Тело массы  $m = 1$  кг движется вдоль оси ОХ. Зависимость его координаты  $x$  (в метрах) от времени  $t$  (в секундах) описывается уравнением  $x(t) = 30t - 5t^2$ . Определите изменение импульса тела за время от  $t_1 = 2$  с до  $t_2 = 4$  с.

**3.12.** Мяч бросили вверх под некоторым углом к горизонту, сообщив ему импульс  $P_0 = 10$  кг·м/с. В верхней точке траектории величина импульса мяча стала равной  $P_0/2 = 5$  кг·м/с. Найдите изменение вектора импульса мяча за все время полета.

**3.13.** Снаряду, выпущенному из пушки, был сообщен импульс  $P_0 = 1000$  кг·м/с. Дальность полета снаряда оказалась в 2 раза больше высоты его полета. Каким импульсом обладал снаряд в верхней точке траектории?

**3.14.** На покоящейся тележке массой  $M = 15$  кг стоит человек массой  $m = 60$  кг. Найдите, с какой скоростью поедет тележка, если человек будет идти по ней со скоростью  $V = 1$  м/с относительно тележки.

**3.15.** Клин с углом  $\alpha$  при основании лежит на гладком горизонтальном столе. По наклонной поверхности клина ползет вверх жук с постоянной относительно клина скоростью  $V$ . Масса клина равна  $M$ , масса жука равна  $m$ . Предполагается, что жук начал ползти, когда клин покоился. Определить скорость клина.

**3.16.** Платформа с установленным на ней орудием движется со скоростью  $V_1 = 9$  км/ч. Из орудия выпущен снаряд со скоростью  $V_2 = 800$  м/с относительно платформы по направлению движения. Найти скорость платформы после выстрела, если масса платформы в 200 раз больше массы снаряда.

**3.17.** С корабля массой 750 т произведен выстрел из пушки в сторону, противоположную его движению, под углом  $60^\circ$  к горизонту. Чему равно изменение скорости корабля, если снаряд массой 30 кг вылетел со скоростью 1 км/с относительно пушки?

**3.18.** Третья ступень ракеты состоит из ракеты-носителя массой  $M = 500$  кг и головного конуса массой  $m = 10$  кг. Между ними помещена сжатая пружина. При испытаниях на Земле пружина сообщила конусу скорость  $V_{\text{отн}} = 5,1$  м/с по отношению к ракете-носителю. Каковы будут скорости конуса  $V_k$  и ракеты  $V_p$ , если их отделение произойдет на орбите при движении со скоростью  $V = 8$  км/с?

**3.19.** Струя воды ударяется о вертикальную стену, расположенную перпендикулярно струе, и стекает по стене вниз. Найдите силу, с которой струя действует на стену, если площадь сечения струи  $S = 5$  см<sup>2</sup>, а ее скорость  $V = 8$  м/с.

**3.20.** Ракета с поперечным сечением площадью  $S$ , двигаясь в космическом пространстве со скоростью  $V$ , попадает в облако неподвижной пыли плотности  $\rho$ . Пылинки налипают на корпус ракеты. Какую силу тяги должны развивать двигатели ракеты, чтобы ее скорость оставалась прежней?

**3.21.** Какова средняя сила давления на плечо при стрельбе из автомата, если масса пули  $m = 10$  г, а скорость пули при вылете из канала ствола  $V = 300$  м/с?

Автомат делает  $n = 300$  выстрелов в минуту.

**3.22.** Найдите, с какой силой давит на землю кобра, когда она, готовясь к прыжку, поднимается вертикально вверх со скоростью  $V$ . Масса змеи  $M$ , ее длина  $L$ .

**3.23.** Однородный стержень длины  $L$  нижним концом касается гладкой горизонтальной поверхности. Верхний конец стержня подвешен на нити, при этом стержень образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$ . Нить пережигают. В какую сторону и на сколько сместится нижний конец стержня, когда он упадет?

**3.24.** Человек массой  $m = 70$  кг находится на корме лодки, находящейся в озере. Длина лодки  $L = 5$  м, ее масса  $M = 280$  кг. Человек переходит на нос лодки. На какое расстояние человек передвинется относительно дна, если вода не будет оказывать сопротивления движению лодки?

**3.25.** Два рыбака массами  $M_1 = 60$  кг и  $M_2 = 80$  кг сидят в лодке – один на корме, другой на носу лодки. На какое расстояние переместится лодка относительно дна, если рыбаки поменяются местами? Масса лодки  $M = 260$  кг, длина  $L = 5$  м. Считать, что вода не оказывает сопротивления движению лодки.

**3.26.** Человек массы  $m$  с разбега прыгает в стоящую у берега озера лодку. На каком расстоянии от берега лодка остановится, если скорость человека была перпендикулярна берегу и равна  $V_0$ , а сила сопротивления, действующая на лодку со стороны воды, пропорциональна скорости лодки:  $F_{\text{сопр}} = kv$ ?

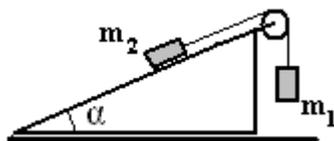
**3.27.** На платформе массой  $M$ , которая может двигаться по горизонтальной плоскости без трения, стоят  $n$  человек, каждый массой  $m$ . В каком случае конечная скорость платформы будет больше: если каждый из них последовательно пробежит по платформе с относительной скоростью  $V$  и спрыгнет на землю, или в том случае, когда все люди одновременно пробегут по платформе с такой же скоростью и одновременно спрыгнут с нее?

**3.28.** По наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом, начинает соскальзывать без трения ящик с песком массой  $M$ . В тот момент, когда ящик прошел путь  $L$ , в него попала летящая горизонтально пуля массой  $m$  и застряла в нем. Ящик при этом на мгновение остановился. С какой скоростью летела пуля?

**3.29.\*** Мешок с мукой сползает без начальной скорости с высоты  $1$  м по гладкой доске, наклоненной под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. После спуска мешок попадает на горизонтальный пол. Коэффициент трения мешка о пол  $\mu = 0,7$ . Где остановится мешок?

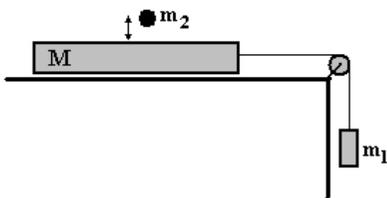
**3.30.** Две одинаковых тележки, на которых сидят два одинаковых дворника, движутся по инерции с одинаковыми скоростями по гладким рельсам. На тележки начинает вертикально падать снег равномерным потоком. Дворник, сидящий на одной из тележек, сбрасывает все время снег с тележки в стороны, перпендикулярные движению, а на второй тележке дворник спит. Какая из тележек окажется впереди другой?

**3.31.** Клин с углом при основании  $\alpha$  может без трения перемещаться по гладкой горизонтальной поверхности. При каком соотношении масс грузов, связанных нитью, перекинутой через блок, клин будет неподвижен, и при каком соотношении масс клин начнет перемещаться вправо или влево? Коэффициент трения между грузом массы  $m_2$  и клином равен  $\mu$ .

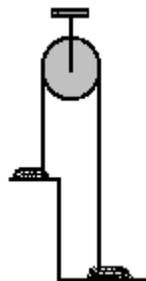


**3.32.\*** Длинная доска массы  $M = 4$  кг движется по горизонтальному столу под действием груза массы  $m_1 = 1$  кг.

На доске, упруго отскакивая от нее вертикально вверх, прыгает мяч массы  $m_2 = 300$  г. При каких значениях коэффициента трения между столом и доской средняя скорость доски будет постоянной? Время взаимодействия мяча с доской мало по сравнению со временем подскока.



**3.33.\*** Цепь с неупругими звеньями перекинута через блок, причем часть ее лежит на столе, а часть – на полу. После того, как цепь отпустили, она начала двигаться. Найдите скорость установившегося равномерного движения цепи. Высота стола равна  $H$ .



**3.34.** Две одинаковые лодки идут параллельными курсами навстречу друг другу с одинаковыми скоростями. Когда лодки встречаются, с одной лодки на другую перебрасывают мешок, а затем со второй лодки на первую перебрасывают такой же мешок. В другой раз мешки перебрасывают из лодки в лодку одновременно. В каком случае скорость лодок после перебрасывания грузов будет больше?

### *Работа, мощность, механическая энергия.*

**4.1.** Какую работу совершает сила  $F = 30$  Н, приложенная вдоль наклонной плоскости к грузу массой  $m = 3$  кг, если груз поднимается на высоту  $h = 2,5$  м с ускорением  $a = 5$  м/с<sup>2</sup>? Трение о плоскость отсутствует.

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

**4.3.** Чему равна работа по подъему взятой за один конец цепи, лежащей на плоскости, на высоту, равную ее длине? Масса цепи  $M$ , длина  $L$ .

**4.4.** Цепь массой  $M$  и длиной  $L$  лежит на горизонтальной поверхности, состоящей из двух половин, сделанных из разных материалов. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы передвинуть цепь с одной половины на другую?

Коэффициенты трения между поверхностью и цепью равны соответственно  $\mu_1$  и  $\mu_2$ .



**4.5.** Какую работу надо совершить по подъему на поверхность грунта при рытье колодца, имеющего глубину 10 м и поперечное сечение  $2 \text{ м}^2$ ? Считать, что вынимаемый грунт рассыпается тонким слоем по поверхности земли. Средняя плотность грунта равна  $2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . ( $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ )

**4.6.** Динамометр, рассчитанный на 40 Н, имеет пружину с жесткостью 500 Н/м. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину от середины шкалы до последнего деления?

**4.7.** Камень массой  $m = 200 \text{ г}$ , брошенный с поверхности земли под некоторым углом к горизонту, упал через  $t = 1,2 \text{ с}$  на расстоянии  $S = 5 \text{ м}$ . Найти «работу бросания». Сопротивлением воздуха пренебречь. ( $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ )

**4.8.** В результате действия некоторой силы импульс тела массой  $M$  изменился от величины  $P_1$  до величины  $P_2$ . Какую работу совершила эта сила над телом?

**4.9.** Автомобиль массой  $m = 2$  т движется по горизонтальному шоссе со скоростью  $V_1 = 33$  м/с. Водитель сбрасывает газ, в результате чего за время  $\tau = 5$  с автомобиль тормозится до скорости  $V_2 = 25$  м/с. Какую мощность должен развивать автомобиль, чтобы двигаться по шоссе равномерно со скоростью  $V_3 = 35$  м/с? Считать, что сила сопротивления оставалась неизменной.

**4.10.** Два автомобиля имеют одинаковую мощность двигателя. Максимальные скорости движения автомобилей равны соответственно  $V_1 = 80$  км/ч и  $V_2 = 120$  км/ч. Какую максимальную скорость смогут развивать автомобили, если первый автомобиль возьмет на буксир второй (с выключенным мотором)? Считать, что сила сопротивления для каждого автомобиля оставалась неизменной.

**4.11.** Грузовики, снабженные двигателями мощностью  $N_1$  и  $N_2$ , развивают скорости соответственно  $V_1$  и  $V_2$ . С какой скоростью будут двигаться грузовики, если их соединить тросом?

**4.12.** Скатываясь под уклон с углом наклона  $\alpha = 6^\circ$ , автомобиль массы  $m = 1$  т разгоняется при выключенной передаче до максимальной скорости  $V = 72$  км/ч, после чего движение становится равномерным. Какую мощность должен развивать двигатель автомобиля, чтобы подниматься вверх по той же дороге с такой же скоростью?

**4.13.** Аэросани движутся вверх по слабому подъему с установившейся скоростью  $V_1 = 20$  м/с. Если они движутся в обратном направлении, т.е. под уклон, то при той же мощности

мотора устанавливается скорость  $V_2 = 30$  м/с. Какая скорость установится при той же мощности мотора во время движения по горизонтальному пути? Считать, что сила сопротивления оставалась неизменной во всех случаях.

**4.14.** Развивая одну и ту же мощность, локомотив ведет поезд в гору с уклоном  $\varepsilon_1 = 0,005$  со скоростью  $V_1 = 50$  км/ч, а при величине уклона  $\varepsilon_2 = 0,0025$  - со скоростью  $V_2 = 60$  км/ч. Определить коэффициент сопротивления движению  $k$ , считая его одинаковым в обоих случаях.

Коэффициентом сопротивления движению  $k$  называют отношение силы сопротивления к силе тяжести.

**4.15.** Найдите кинетическую энергию обруча массы  $M$  и радиуса  $R$ , который вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг оси, проходящей через центр, а ось движется равномерно со скоростью  $V$ . Рассмотрите частный случай обруча, катящегося без проскальзывания со скоростью  $V$ .

**4.16.** Горный ручей с сечением потока  $S$  образует водопад высотой  $h$ . Скорость течения воды в ручье равна  $V$ . Найдите мощность водопада у его подножья.

**4.17.** Вентилятор гонит струю воздуха через отверстие в стене. Во сколько раз надо увеличить мощность вентилятора, чтобы ежесекундно перегоняемое вентилятором количество воздуха увеличилось в два раза?

**4.18.** Шарик массы  $m$ , укрепленный на невесомом стержне, вращается с постоянной скоростью  $V$  в горизонтальной плоскости. Его кинетическая энергия в системе отсчета, связанной с осью вращения, постоянна и равна  $mV^2/2$ . Чему равна кинетическая энергия шарика в системе отсчета, движущейся в горизонтальной плоскости прямолинейно со скоростью  $V$  относительно оси?

**4.19.** Какую работу совершил мальчик, стоящий на гладком льду, сообщив санкам скорость  $V = 4$  м/с относительно льда, если масса санок  $m = 4$  кг, а масса мальчика  $M = 20$  кг?

**4.20.** Тело брошено вертикально вверх со скоростью, равной 19,6 м/с. На какой высоте кинетическая энергия тела равна его потенциальной энергии, отсчитываемой от поверхности земли?

**4.21.** Какую работу надо совершить, чтобы лежащий на земле однородный столб длиной 2 м и массой 100 кг поставить вертикально?

**4.22.** При сжатии пружины на 3 см приложенная к ней сила была равна 20 Н. Чему равна при этом потенциальная энергия сжатой пружины?

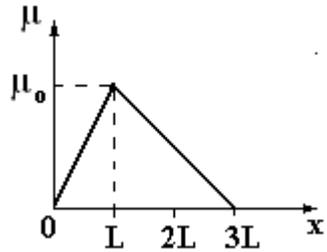
**4.23.** Колодец, имеющий глубину  $H$  и площадь дна  $S$ , наполовину заполнен водой. Насос выкачивает воду и подает ее на поверхность через цилиндрическую трубу радиуса  $R$ . Какую работу совершит насос, если он выкачает всю воду за время  $\tau$ ?

**4.24.** Сани съезжают с горы, имеющей высоту  $H = 2$  м и основание  $L = 5$  м, и останавливаются, пройдя по горизонтальной поверхности расстояние  $S = 35$  м. Найдите коэффициент трения, считая его одинаковым на всем пути.

**4.25.** Брусок, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью  $V = 2$  м/с, наезжает на шероховатую поверхность с коэффициентом трения  $\mu = 0,8$ . При какой длине бруска он сможет полностью въехать на шероховатую поверхность? ( $g \approx 10$  м/с<sup>2</sup>)

**4.26.** Брусок, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, наезжает на шероховатую полосу шириной  $L$  с коэффициентом трения  $\mu$ . При какой начальной скорости брусок сможет преодолеть эту полосу? Длина бруска  $b > L$ .

**4.27.** Маленькая шайба, скользя по гладкой горизонтальной поверхности вдоль оси  $X$ , попадает на шероховатый участок, на котором коэффициент трения меняется так, как показано на рисунке, при этом его максимальное значение  $\mu_0 = 0,5$ .

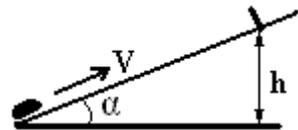


Найдите начальную скорость шайбы, если известно, что она остановилась в точке  $x_0 = 2L = 20$  см. ( $g \approx 10$  м/с<sup>2</sup>)

**4.28.** Маленькая шайба скользит по горизонтальной поверхности, сила трения пропорциональна квадрату скорости шайбы. Начальная скорость шайбы уменьшилась вдвое за промежуток времени  $T$ . За какой промежуток времени скорость шайбы уменьшится еще в три раза?

**4.29.** Во время старта ракета массы  $M$ , двигатели которой развивают мощность  $N$ , на короткое время неподвижно зависает над землей в вертикальном положении. Определить скорость истечения газов из сопла двигателей в этот момент.

**4.30.** Небольшую шайбу толкнули вверх вдоль наклонной плоскости со скоростью  $V = 10$  м/с. После упругого удара о выступ на высоте  $h = 2,5$  м шайба соскользнула обратно и



остановилась у основания плоскости. Найдите коэффициент трения между шайбой и плоскостью. Плоскость составляет с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ .

## *Закон сохранения энергии в механике.*

**5.1.** Прикрепленный к легкой вертикальной пружине груз в положении равновесия растягивает пружину на  $x_0$ .

а) На какую величину растянется пружина, если этому грузу предоставить возможность падать свободно из такого положения, при котором пружина не растянута?

б) Какой максимальной скорости достигает груз в процессе движения?

в) Чему равно ускорение груза в нижней и верхней точках?

г) Каков характер движения груза?

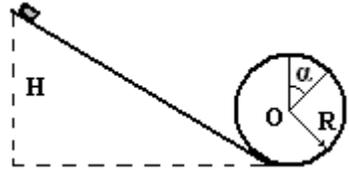
**5.2.** Математический маятник (маленький шарик массы  $m$  на нити длиной  $L$ ) отклоняют в горизонтальное положение и отпускают. Найдите силу натяжения нити как функцию угла  $\alpha$ , который нить составляет с вертикалью. Во сколько раз сила натяжения нити в нижней точке траектории превосходит силу тяжести?

**5.3.** Какую минимальную горизонтальную скорость необходимо сообщить шарiku, подвешенному на нити длиной  $L$ , чтобы он совершил полный оборот вокруг точки подвеса, двигаясь по окружности в вертикальной плоскости? Чему равна при этом сила натяжения нити в нижней точке? Как изменится ответ для шарика, подвешенного на жесткой невесомой спице?

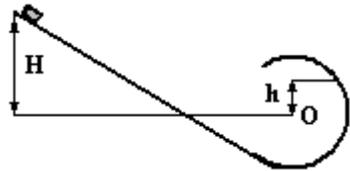
**5.4.** Легкий стержень может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси. На стержне на расстояниях  $r_1$  и  $r_2$  по разные стороны от оси закреплены два небольших груза массы  $m_1$  и  $m_2$  соответственно. Стержень отклонили от вертикали на угол  $\alpha$  и отпустили. Какой будет угловая скорость стержня в момент прохождения им положения равновесия?

**5.5.\*** Однородный стержень длины  $L$  висит на шарнирной подвеске. Стержень отклоняют до горизонтального положения и отпускают. Какой будет угловая скорость стержня в момент прохождения им положения равновесия?

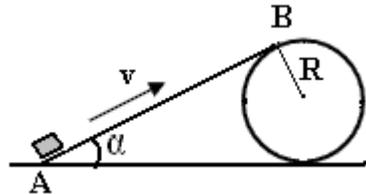
**5.6.** Небольшое тело массы  $m$  соскальзывает вниз по гладкому наклонному скату, переходящему в «мертвую петлю» радиусом  $R$ . Какова должна быть наименьшая высота ската, чтобы тело сделало полный оборот, не выпадая из петли? Чему равна при этом сила давления тела на петлю в точке, радиус-вектор которой составляет угол  $\alpha$  с вертикалью?



**5.7.** Небольшая шайба соскальзывает по наклонному желобу, плавно переходящему в дугу окружности. Масса шайбы равна  $m = 100$  г. Точка начала соскальзывания и точка отрыва шайбы от желоба расположены над центром окружности на высоте  $H = 2,6$  м и  $h = 0,4$  м. Найдите величину работы сил сопротивления при движении шайбы.



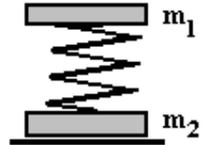
**5.8.** Небольшая шайба после удара скользит вверх по наклонной плоскости из точки  $A$ . В точке  $B$  наклонная плоскость плавно переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом  $R$ . Если в точке  $A$  скорость шайбы превосходит величину  $V_0 = 4$  м/с, то в точке  $B$  шайба отрывается от опоры.



Длина наклонной плоскости  $AB = L = 1$  м, угол  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения между шайбой и наклонной плоскостью равен  $\mu = 0,2$ . Найдите внешний радиус трубы  $R$ .

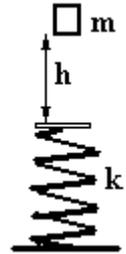
**5.9.** Небольшая шайба соскальзывает от легкого толчка с вершины гладкой закрепленной полусферы радиуса  $R$ . На какой высоте от основания полусферы шайба оторвется от нее?

**5.10.** Две пластины массами  $m_1$  и  $m_2$ , соединенные вертикальной пружиной, стоят на столе. С какой минимальной силой надо надавить на верхнюю пластину, чтобы после прекращения действия силы нижняя пластина оторвалась от стола?



**5.11.** Два одинаковых бруска массы  $m$ , связанные пружиной жесткости  $k$ , лежат на горизонтальной поверхности. Пружина не деформирована. Коэффициент трения между телами и поверхностью одинаков и равен  $\mu$ . К одному из брусков прикладывают постоянную горизонтальную силу  $F$ . При какой минимальной величине этой силы другой брусок сдвинется с места?

**5.12.** Тело массы  $m$  падает с высоты  $h$  на вертикально стоящую пружину жесткости  $k$ . Какова максимальная сила давления, оказываемая пружиной на пол? Какой максимальной скорости достигает тело при своем движении вниз?

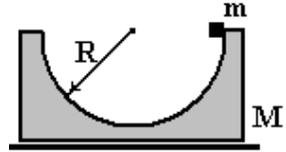


**5.13.** Известно, что вторая космическая скорость для Земли равна  $V_{II} = 11,2$  км/с. Найдите, какой будет скорость  $V_{\infty}$  тела на бесконечно большом расстоянии от Земли, если сообщить ему вертикальную скорость  $U = 12,2$  км/с на поверхности Земли вблизи полюса.

**5.14.** Кинетическая энергия спутника Земли на круговой орбите равна  $E_k$ . Чему равна его потенциальная энергия  $U$ ?

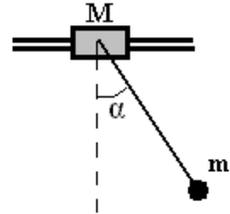
Принять  $U(\infty) = 0$ .

**5.15.** Сферическая чашка, имеющая радиус  $R = 8$  см и массу  $M = 200$  г, покоится на гладкой горизонтальной поверхности. По внутренней поверхности чашки начинает скользить без трения маленький брусок массы  $m = 20$  г.



Найдите скорость чашки в тот момент, когда брусок достигнет самой нижней точки.

**5.16.** Ползунок массы  $M$  может скользить без трения по горизонтальному рельсу. К ползунку на нити длиной  $L$  прикреплен маленький шарик массы  $m$ . Придерживая ползунок, шарик отклонили от вертикали на угол  $\alpha$  и отпустили одновременно с ползунком. Найдите скорость шарика в тот момент, когда нить вертикальна.



**5.17.** Однородная цепочка длины  $L$  лежит на гладком столе. Небольшая часть цепочки свешивается в отверстие в столе. Конец цепочки придерживают, а затем отпускают, и цепочка начинает соскальзывать со стола под действием силы тяжести. Определить скорость движения цепочки в тот момент, когда длина свешивающейся части будет равна  $x$  ( $x < L/2$ ).

**5.18.\*** Длинная гладкая однородная веревка длины  $L$  и массы  $M$  переброшена через тонкую перекладину и находится в равновесии. Веревку немного смещают, и она начинает соскальзывать с перекладины. С какой силой веревка действует на перекладину в тот момент, когда длина веревки с одной стороны от нее равна одной трети ее длины?

## *Столкновения.*

**6.1.** В результате распада движущегося ядра появились два осколка с массами  $m_1$  и  $m_2$ , импульсы которых равны  $P_1$  и  $P_2$ . Угол между скоростями осколков  $\theta$ . Определите энергию, которая выделяется при распаде ядра.

**6.2.** Теннисный мяч массы  $m$  падает на пол с высоты  $H$  без начальной скорости. Найдите количество теплоты, выделившееся при ударе мяча о пол, если второе соударение мяча с полом произошло через время  $\tau$  после первого.

**6.3.** Мяч бросают на пол с высоты  $h = 5$  м. Известно, что при ударе мяч теряет  $k = 36\%$  своей кинетической энергии. Какую вертикальную скорость нужно сообщить мячу, чтобы после удара он подпрыгнул на ту же высоту?

Для расчетов принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**6.4.** В центр шара массой  $M = 700$  г, висящего на легком стержне, попадает пуля массой  $m = 10$  г и застревает в нем, после чего шар поднимается на высоту  $h = 20$  см от первоначального положения. Найдите скорость пули.

Для расчетов принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

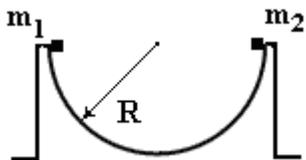
**6.5.** Деревянный шар массы  $M$  лежит на тонкой подставке. Снизу в шар попадает вертикально летящая пуля массой  $m$  и пробивает его. При этом шар подскакивает на высоту  $H$ . На какую высоту поднимается пуля над подставкой, если ее скорость перед ударом о шар была  $V$ ? Скорость пули при прохождении через подставку не изменяется.

**6.6.** Горизонтально летевшая пуля массой  $m$  насквозь пробила висевший на нити шар массой  $M$  и вылетела из него с вдвое меньшей скоростью. Какая часть кинетической энергии пули перешла во внутреннюю энергию тел?

**6.7.** Два пластилиновых шара, массы которых  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 200$  г, движутся навстречу друг другу. Скорости шаров равны  $V_1 = 1$  м/с и  $V_2 = 2$  м/с. Найдите изменение кинетической энергии системы при абсолютно неупругом ударе шаров.

**6.8.** Тело массой  $m$  ударяется абсолютно неупруго о покоящееся тело массой  $M$ . Найти долю  $q$  потерянной при этом кинетической энергии.

**6.9.** Два небольших тела одновременно начинают скользить без трения внутрь полусферы радиуса  $R$ . Происходит абсолютно неупругий удар, после которого тела движутся вместе. Найдите угловую амплитуду колебаний тел, если отношение их масс равно 2.



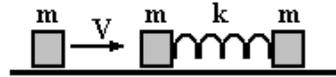
**6.10.** В деревянный брусок массы  $M = 1$  кг, лежащий на гладком горизонтальном столе, попадает пуля и застревает в нем. Брусок с застрявшей пулей движется поступательно. Найдите глубину проникновения пули в брусок, если средняя сила сопротивления движению пули была равна  $F = 18$  кН, масса пули  $m = 10$  г, ее скорость  $V = 600$  м/с.

**6.11.** Платформа с песком массой  $M = 10$  т, движется по рельсам с постоянной скоростью  $U = 5$  м/с. В нее попадает и застревает в песке летящая горизонтально в том же направлении пуля. Масса пули  $m = 10$  г, скорость  $V = 500$  м/с. Какое количество тепла выделится при застревании пули?

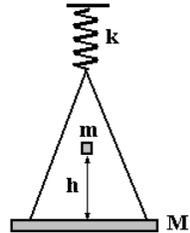
**6.12.** Между двумя телами, лежащими на гладкой плоскости, зажата сжатая пружина. Тела одновременно освобождают, и пружина распрямляется. Какие скорости приобретут эти тела, если их массы равны  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг, а энергия сжатой пружины  $W = 3$  Дж?

**6.13.** Между двумя телами, лежащими на гладкой плоскости, зажата сжатая пружина жесткости  $k$ . После того, как оба тела одновременно освободили, они до момента полного распрямления пружины прошли расстояния  $x_1$  и  $x_2$ . Какую кинетическую энергию приобрело каждое из тел?

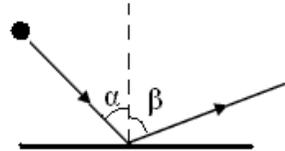
**6.14.** Система из двух тел массой  $m$  каждое, соединенных пружиной жесткостью  $k$ , находится на гладкой горизонтальной поверхности. На нее со скоростью  $V$  налетает тело такой же массы  $m$ . Удар упругий. Найдите максимальное растяжение пружины. Тела все время находятся на одной прямой.



**6.15.** На подставку массы  $M$ , подвешенную на пружине жесткости  $k$ , с высоты  $h$  падает тело массы  $m$  и прилипает к ней. На какую длину растягивается пружина после падения тела?



**6.16.** При ударе шарика об идеально гладкую неподвижную горизонтальную плоскость теряется третья часть его кинетической энергии. Зная, что угол падения  $\alpha = 45^\circ$ , найдите угол отражения  $\beta$ .



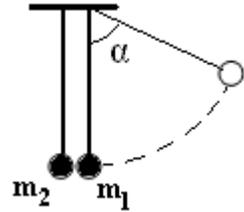
**6.17.** Происходит центральное соударение двух упругих шаров, имеющих массы  $m_1$  и  $m_2$  и скорости  $V_1$  и  $V_2$ . Найдите скорости шаров после соударения.

**6.18.** Шар массы  $m_1$ , движущийся со скоростью  $V$ , сталкивается упруго по линии центров с покоящимся шаром массы  $m_2$ . Найдите скорости шаров после соударения.

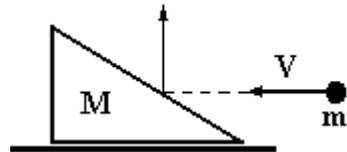
Рассмотрите случаи  $m_1 > m_2$ ,  $m_1 < m_2$ ,  $m_1 = m_2$ .

**6.19.** Два идеально упругих шарика с массами  $m_1$  и  $m_2$  движутся вдоль одной и той же прямой со скоростями  $V_1$  и  $V_2$ . Во время столкновения шарики начинают деформироваться, при этом часть кинетической энергии переходит в потенциальную энергию деформации. Найдите максимальное значение потенциальной энергии деформации.

**6.20.** Два упругих шарика с массами  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 300$  г подвешены на одинаковых нитях длиной  $L = 50$  см. Первый шарик отклонили от положения равновесия на угол  $\alpha = 60^\circ$  и отпустили. На какую высоту поднимется второй шарик после удара?



**6.21.** Шарик массой  $m$ , летящий со скоростью  $V$ , ударяется в призму массой  $M$  и после удара движется вертикально вверх. Считая удар упругим, найти скорости шарика и призмы после удара. Какой угол с горизонталью составляет наклонная поверхность призмы?



**6.22.** Маленький шарик массой  $m$ , летящий горизонтально со скоростью  $V$ , ударяется в стенку вагона массой  $M$ , движущегося навстречу ему со скоростью  $U$ . Удар абсолютно упругий,  $M \gg m$ . Какую скорость будет иметь шарик после удара? Что произойдет с его кинетической энергией? Как изменяется ответ, если шарик летит вслед вагону?

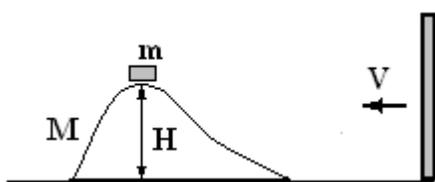
**6.23.** Под каким углом разлетаются после абсолютно упругого нецентрального соударения два одинаковых гладких шара, если первоначально один из них покоился?

**6.24.** На пути тела массы  $m$ , скользящего по гладкому горизонтальному столу, находится незакрепленное тело в



форме "горки" высотой  $h$ . Поверхность горки гладкая, профиль горки изображен на рисунке. Масса горки равна  $M$ . При какой минимальной скорости тело сможет преодолеть горку?

**6.25.** На гладкой горизонтальной плоскости покоится гладкая горка высотой  $H$  и массой  $M$ , а на ее вершине лежит



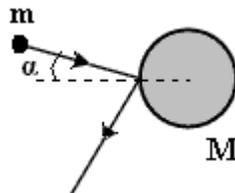
небольшая шайба массой  $m$ . После легкого толчка шайба скатывается с горки и скользит к массивной вертикальной стенке, движущейся со скоростью  $V$ .

Испытав абсолютно упругое соударение со стенкой, шайба скользит в обратном направлении. С какой минимальной скоростью должна двигаться стенка, чтобы шайба смогла преодолеть горку?

**6.26.** При бомбардировке гелия  $\alpha$ -частицами наблюдается рассеяние  $\alpha$ -частиц. Налетающая с энергией  $E_0$   $\alpha$ -частица после упругого столкновения с атомом гелия отклонилась от первоначального направления движения на угол  $\varphi = 60^\circ$ . Найдите энергии атома гелия и  $\alpha$ -частицы после столкновения. Энергия теплового движения атомов гелия много меньше  $E_0$ .

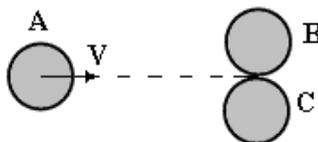
**6.27.\*** Тяжелая частица массы  $M$  налетает на покоящуюся легкую частицу массы  $m$ . На какой максимальный угол может произойти рассеяние тяжелой частицы?

**6.28.\*** Частица массы  $m$  налетает на покоящийся шар массы  $M$ . Направление ее движения составляет угол  $\alpha$  с нормалью к поверхности шара. Под каким углом к этой нормали отскочит частица после упругого удара?



**6.29.** Гладкий шарик из мягкого свинца налетает на такой же покоящийся шарик. После столкновения второй шарик летит под углом  $\alpha$  к направлению скорости первого шарика до столкновения. Определить угол  $\beta$  разлета шаров после столкновения. Какая часть кинетической энергии системы перейдет при столкновении в тепло?

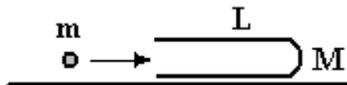
**6.30.** Идеально гладкий шар **A**, движущийся со скоростью  $V$ , одновременно сталкивается с двумя такими же соприкасающимися между собой шарами **B** и **C**. Удар является абсолютно упругим.



Определить скорости шаров после столкновения

**6.31.** На передний край тележки массой  $M = 1$  кг, движущейся горизонтально без трения со скоростью  $V = 1,5$  м/с, аккуратно опускают с небольшой высоты короткий брусок массой  $m = 0,5$  кг. Какое расстояние проскользит брусок по тележке, если коэффициент трения между бруском и тележкой равен  $\mu = 0,8$ ? Какое количество теплоты выделится при этом?

**6.32.** На гладком столе лежит пробирка длиной  $L$  и массой  $M$ . Шарик массы  $m$  влетает в пробирку, упруго соударяется с дном и вылетает из пробирки. Найти путь, который пройдет пробирка к моменту вылета из нее шарика.

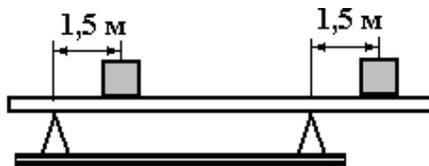
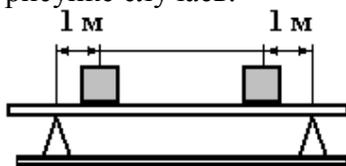


## СТАТИКА

### *Сложение параллельных сил. Центр тяжести тела.*

**7.1.** Однородный стержень с прикрепленным на одном из его концов грузом массы  $m = 1,2$  кг находится в равновесии в горизонтальном положении, если его подпереть на расстоянии  $1/5$  длины стержня от груза. Найти массу стержня.

**7.2.** Легкая балка лежит на двух опорах, расстояние между которыми 4 м. На ней находятся два груза по 10 кг каждый. Найдите силы давления балки на опоры для представленных на рисунке случаев.

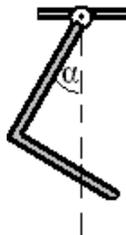


**7.3.** Бревно длиной  $L = 12$  м можно уравновесить в горизонтальном положении на подставке, отстоящей на  $L_1 = 3$  м от его толстого конца. Если же поставка находится посередине, то бревно будет в равновесии, если на тонкий конец положить груз массой  $m = 60$  кг. Найдите массу бревна.

**7.4.** Некоторое тело взвешивают на неравноплечных рычажных весах. На одной чашке весов взвешивание дает результат  $m_1 = 300$  г, а на другой –  $m_2 = 340$  г. Определите истинную массу тела.

**7.5.** Четыре шара, имеющих массы  $m_1 = 1$  кг,  $m_2 = 5$  кг,  $m_3 = 7$  кг,  $m_4 = 3$  кг укреплены на невесомом стержне так, что их центры находятся на равных расстояниях  $d = 0,2$  м друг от друга. На каком расстоянии  $x$  от центра третьего шара находится центр тяжести системы?

**7.6.** Железный прут массой  $M$  изогнут пополам так, что его части образуют прямой угол. Прут подвешен за один из концов на шарнире. Найти угол  $\alpha$ , который образует с вертикалью верхняя часть прута в положении равновесия.



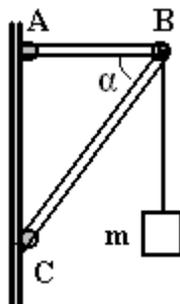
**7.7.** В однородной тонкой пластинке в форме круга радиусом  $R$  вырезано круглое отверстие вдвое меньшего радиуса, касающееся края пластинки. Где находится центр тяжести пластинки?



**Условия равновесия твердого тела. Теорема о трех силах.**

**7.8.** Фонарь массы  $m = 20\text{ кг}$  подвешен на тросе, который, провисая, образует угол  $\alpha = 120^\circ$ . Найти силу натяжения троса.

**7.9.** На кронштейне, изображенном на рисунке, висит груз массы  $m = 100\text{ кг}$ . Найти силы натяжения стержней  $AB$  и  $BC$ , если они образуют угол  $\alpha = 60^\circ$ , а в точках  $A$ ,  $B$  и  $C$  - шарниры.

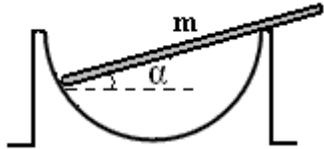


**7.10.** К вертикальной гладкой стене на веревке длиной  $L$  подвешен шар массой  $m$ . Какова сила натяжения веревки и сила давления шара на стену, если его радиус равен  $R$ ?

**7.11.** В гладкий высокий цилиндрический стакан помещена палочка длиной  $L = 13$  см и массой  $m = 25$  г. Найдите силы, с которыми палочка действует на дно и стенки стакана. Радиус основания стакана  $R = 6$  см?

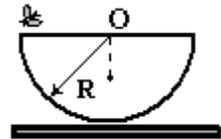
**7.12.** На внутренней поверхности гладкой сферы лежит невесомый стержень с маленькими шариками массами  $m_1$  и  $m_2$  на концах. Длина стержня равна радиусу сферы. Найдите угол между стержнем и горизонталью.

**7.13.** В гладкой сферической лунке свободно лежит палочка, длина которой больше диаметра сферы. Масса палочки  $m$ , палочка образует с горизонтом угол  $\alpha$ .



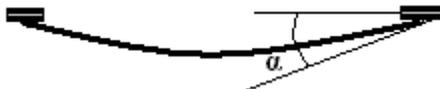
Найдите силы взаимодействия палочки с поверхностью лунки.

**7.14.** Тонкая сферическая чашка массой  $M = 20$  г и радиусом  $R = 5$  см покоится на горизонтальном столе. На какую высоту опустится край чашки, если на него сядет муха массой  $m = 0,5$  г?



Центр тяжести полусферы расположен на расстоянии  $R/2$  от центра  $O$ .

**7.15.** Цепочка массы  $m$  подвешена за концы так, что вблизи точек подвеса она образует с горизонталью угол  $\alpha$ . Найдите силу натяжения цепочки в ее нижней точке и в точках подвеса.

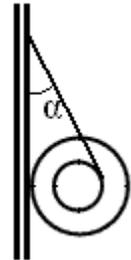


**7.16.** На горизонтальной поверхности лежит небольшое тело массы  $m$ . Коэффициент трения между поверхностью и телом равен  $\mu$ . Найдите минимальную величину силы, с помощью которой можно сдвинуть это тело. Явление застоя отсутствует.

**7.17.** Каков должен быть коэффициент трения  $\mu$  для того, чтобы клин, заколоченный в бревно, не выскакивал из него? Угол при вершине клина равен  $\alpha = 30^\circ$ .

**7.18.** На земле лежат вплотную два одинаковых бревна цилиндрической формы. Сверху кладут такое же бревно. При каком коэффициенте трения между ними они не раскатятся (по земле бревна не скользят)?

**7.19.** Конец нити, намотанной на катушку, касающуюся стены, закреплен на стене. При каком коэффициенте трения катушка сможет находиться в равновесии? Радиусы внутренней и внешней части катушки равны  $r = 1$  см и  $R = 10$  см, угол  $\alpha = 30^\circ$ .



**7.20.** Под каким минимальным углом  $\alpha$  к горизонту может стоять лестница, прислоненная к гладкой вертикальной стене, если её центр тяжести находится в середине? Коэффициент трения между лестницей и полом равен  $\mu$ .

**7.21.** Лестница стоит на шероховатом полу и опирается на выступ, снабженный роликом. Расстояние от нижнего конца лестницы до выступа составляет  $3/4$  ее полной длины, угол наклона лестницы  $\alpha = 30^\circ$ . Каков должен быть коэффициент трения между лестницей и полом, чтобы она находилась в равновесии?

**7.22.** Кирпич лежит на наклонной плоскости, прилегая к ней всем основанием. Какая половина кирпича, верхняя или нижняя, оказывает большее давление на наклонную плоскость?

**7.23.** Движущийся по горизонтальной дороге автомобиль тормозит «юзом» (все колёса заблокированы). Какие колёса (передние или задние) давят на дорогу с большей силой и во сколько раз?

База (расстояние между осями) автомобиля  $L = 3$  м, коэффициент трения колёс о дорогу  $\mu = 0,5$ . Центр масс автомобиля расположен посередине между передними и задними колесами на высоте  $h = 60$  см от поверхности дороги.

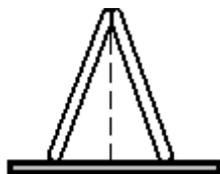
**7.24.** Однородный цилиндр поставлен на наклонную плоскость, образующую с горизонтом угол  $\alpha$ . Угол медленно увеличивают. При каком максимальном значении коэффициента трения между цилиндром и плоскостью цилиндр не опрокинется, если высота цилиндра втрое больше его радиуса?

**7.25.** Параллельно оси цилиндра радиуса  $R$  на расстоянии  $R/2$  от его центра просверлено круглое отверстие радиуса  $R/2$ . Цилиндр лежит на дощечке, которую медленно поднимают за один конец.

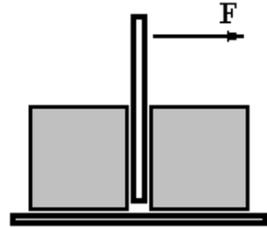


Найти предельный угол  $\alpha$  наклона дощечки, при котором цилиндр еще будет находиться в равновесии. Коэффициент трения цилиндра о дощечку  $\mu = 0,2$ .

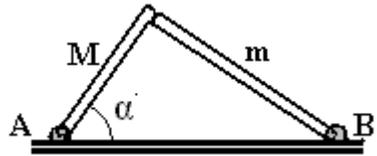
**7.26.** Две одинаковые тонкие дощечки с закругленными краями поставлены на стол и опираются друг на друга. Каждая дощечка образует с вертикалью угол  $\alpha$ . Каким должен быть коэффициент трения между дощечкой и столом, чтобы дощечки не падали?



**7.27.** Между двумя одинаковыми ящиками, стоящими на полу, вставлена палка, немного не достоящая до пола. К верхнему концу палки приложена горизонтальная сила. Какой из ящиков сдвинется раньше?

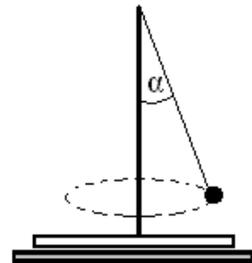


**7.28.** Две тонкие палочки с массами  $M$  и  $m$  соединены в систему, изображенную на рисунке. Палочки могут вращаться без трения вокруг осей  $A$  и  $B$ ,

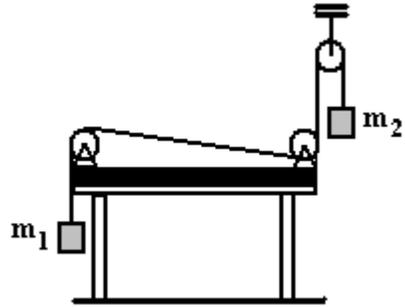


проходящих через нижние концы палочек. Верхние концы палочек сходятся под прямым углом так, что конец одной палочки лежит на торце другой (последний закруглен). Верхняя палочка массы  $M$  образует с горизонтом угол  $\alpha$ . При каком минимальном коэффициенте трения между палочками нижняя палочка не упадет?

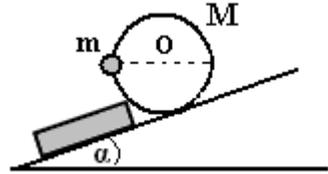
**7.29.** На горизонтальном столе лежит тонкий диск радиуса  $R = 15$  см. В центре диска укреплен тонкий невесомый вертикальный стержень длины  $L = 40$  см. К верхнему концу стержня на невесомой нерастяжимой нити подвешен маленький шарик массы  $m = 300$  г. Длина нити меньше длины стержня. Шарик приводится в движение так, что он описывает окружность в горизонтальной плоскости вокруг стержня. Какой максимальный угол  $\alpha$  может при этом составлять нить со стержнем, чтобы диск не отрывался от стола? Масса диска  $M = 500$  г. Считать, что вследствие трения диск не может скользить по столу.



**7.30.** В изображенной на рисунке системе массы грузов на концах нити равны  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 3$  кг. Однородная доска массы  $m_3$  лежит на горизонтальном столе так, что вертикальные участки нити, переброшенной через закрепленные на доске блоки, проходят вдоль ее торцов. При какой массе доски она будет при движении грузов оставаться в горизонтальном положении?

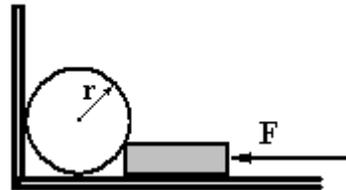


**7.31.** На наклонной плоскости, закреплен брусок толщиной  $h$ . Тонкий обруч массы  $M$  и радиуса  $R = 2h$  поставлен на эту наклонную плоскость так, что он опирается на



уступ, образованный бруском. На обруче над бруском на одной горизонтальной линии с центром обруча укреплен грузик. При какой минимальной массе  $m$  этого грузика обруч начнет перекатываться через брусок? Плоскость составляет с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ .

**7.32.** Твердый шар радиусом  $r$  и массой  $M$  лежит на полу, касаясь вертикальной стены. К нему прижимают брусок высотой  $h$  ( $h < r$ ) силой  $F$ , направленной горизонтально, как показано на рисунке.



Найти силу давления шара на пол. Трение отсутствует. Провести численный расчет для  $M = 1$  кг,  $r = 10$  см,  $h = 5$  см,  $F = 15$  Н,  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

## *Равновесие жидкостей и газов.*

**8.1.** Льдина равномерной толщины плавает, выступая над уровнем воды на высоту  $h = 2$  см. Найти массу льдины, если площадь ее основания  $S = 200$  см<sup>2</sup>. Плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 0,9$  г/см<sup>3</sup>.

**8.2.** Определите силу натяжения нити, связывающей два шарика объемом 10 см<sup>3</sup> каждый, если верхний шарик плавает, наполовину погрузившись в воду, а масса нижнего шарика в три раза больше массы верхнего.

**8.3.** На границе раздела двух жидкостей с плотностями  $\rho_1$  и  $\rho_2$  плавает шайба плотности  $\rho$  ( $\rho_1 < \rho < \rho_2$ ). Высота шайбы  $h$ . Определите глубину ее погружения во вторую жидкость.

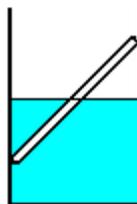
**8.4.** Какая ошибка допущена при взвешивании в воздухе тела объемом  $V = 1$  л, если тело было уравновешено на весах медными гирями массой  $M = 800$  г? Повлияет ли эта ошибка на точность измерений, если при взвешивании применялись разновесы с минимальной массой 1 г? Плотность воздуха  $\rho_{\text{в}} = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>, плотность меди  $\rho_{\text{м}} = 8,8$  г/см<sup>3</sup>,

**8.5.** На какую величину изменится уровень воды в цилиндрическом сосуде с площадью дна  $S$ , если опустить в него тело произвольной формы массой  $m$ , которое не тонет?

**8.6.** В сообщающиеся сосуды диаметрами  $d_1$  и  $d_2$  налита жидкость плотности  $\rho$ . На какую величину поднимется уровень жидкости в сосудах, если в один из них опустить тело массы  $m$ , которое не тонет в жидкости?

**8.7.** Стеклянная бутылка вместимостью  $V = 0,5$  л и массой  $M = 200$  г плавает в воде. Сколько воды надо налить в бутылку, чтобы она утонула? Плотность стекла  $\rho = 2,5$  г/см<sup>3</sup>.

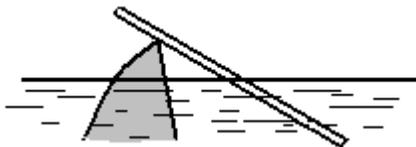
**8.8.** Палочка массы  $m = 400$  г наполовину погружена в воду, как показано на рисунке. Угол наклона палочки к горизонту равен  $\alpha = 45^\circ$ . С какой силой давит на стенку цилиндрического сосуда нижний конец палочки? Считать, что трение отсутствует.



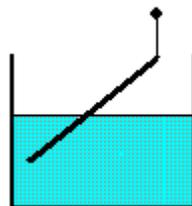
**8.9.** К концу однородной палочки, имеющей массу  $m = 4$  г, подвешен на нити алюминиевый шарик радиуса  $r = 0,5$  см. Палочку кладут на край стакана с водой, добиваясь равновесия при погружении в воду половины шарика. В каком отношении делится палочка точкой опоры?

Плотность алюминия  $\rho_{Al} = 2,7$  г/см<sup>3</sup>.

**8.10.** На острый камень, выступающий над водой, опирается верхним концом тонкая доска длины  $L$ . Часть доски длины  $a$  находится выше точки опоры. Какова длина части доски, находящейся под водой? Плотность дерева  $\rho$ .



**8.11.** Тонкую деревянную палочку подвесили за один конец на нити, а другой конец опустили в воду. При этом палочка оказалась погруженной в воду наполовину и наклоненной к горизонту на угол  $\alpha = 30^\circ$ . Какую работу нужно совершить, чтобы медленно вытащить палочку из воды за нить?



Длина палочки  $L$ , площадь сечения  $S$ , плотность воды  $\rho_0$ .

**8.12\*.** Сосуд без дна в виде усеченного конуса стоит на столе. Края сосуда плотно прилегают к поверхности стола. В сосуд наливают жидкость. После того, как уровень жидкости в сосуде достигает высоты  $h$ , сила давления жидкости приподнимает сосуд, и жидкость выливается. Какова плотность налитой жидкости?

Радиус нижнего, большего основания сосуда  $R$ , угол между образующей конуса и вертикалью  $\alpha$ , масса сосуда  $M$ .

**8.13.** «Гидростатический парадокс».

Три сосуда с приставным дном погружены в воду на одинаковую глубину, как показано на рисунке. Дно каждого из сосудов отпадает, если налить в него 1 л воды.



В каком из сосудов отпадет дно, если а) налить в них по 1 кг масла?

б) налить по 1 кг ртути?

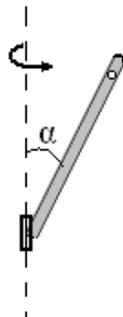
в) положить в каждый сосуд по гире массой в 1 кг?

**8.14.** U –образная трубка имеет кран в нижнем сечении. При закрытом кране разность уровней ртути в коленах трубки составляла величину  $H$ . Когда кран открыли, ртуть установилась в обоих коленах на одном уровне. Какое количество тепла выделилось при установлении равновесия?

Площадь поперечного сечения трубки  $S$ , плотность ртути  $\rho$ .

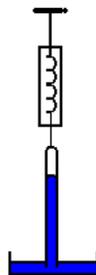
**8.15.** Два сосуда одинакового сечения  $S = 10 \text{ см}^2$ , соединенные внизу тонкой трубкой с закрытым краном, заполнены до высоты  $h = 1 \text{ м}$  несмешивающимися жидкостями. Плотности жидкостей в сосудах равны  $\rho_1 = 1 \text{ г/см}^3$  и  $\rho_2 = 2 \text{ г/см}^3$ . В тонкой трубке, соединяющей сосуда, открывают кран. Какое количество тепла выделится при переходе системы в положение равновесия?

**8.16.\*** Закрытая трубка длиной  $L = 108$  см, полностью заполненная жидкостью, составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с вертикальной осью, проходящей через ее нижний конец. В жидкости плавает легкая пробка. До какой угловой скорости надо раскрутить трубку вокруг оси, чтобы пробка погрузилась до середины трубки?

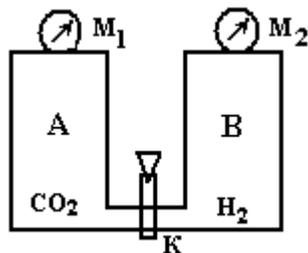


**8.16.** Каков принцип действия сифона? Можно ли с помощью сифона перекачивать воду через стенку высотой 20 м?

**8.17.** К динамометру подвешена тонкостенная трубка ртутного барометра. Что показывает динамометр? Будут ли изменяться его показания при изменении атмосферного давления?



**8.20.** В сосудах А и В находятся углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и водород ( $\text{H}_2$ ). Манометры  $M_1$  и  $M_2$  показывают одинаковое давление. В каком направлении потечет газ, если открыть кран К? Что произойдет, если тот же опыт произвести, повернув сосуды манометрами вниз?



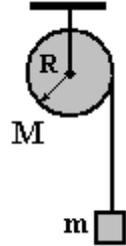
**8.18.** В изогнутой U-образной трубке более короткое колено затянато очень тонкой и мягкой непроницаемой пленкой. Трубка заполнена водородом и поставлена открытым концом вниз. Куда прогибается поверхность пленки – внутрь или наружу?

## ДИНАМИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

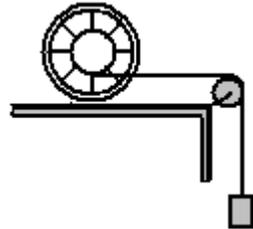
**9.1.** Диск массы  $M$  катится без проскальзывания со скоростью  $V$  по горизонтальной поверхности. Чему равна его кинетическая энергия?

**9.2.** Однородный диск, насаженный на горизонтальную ось, приводится во вращение грузом массы  $m$ . Масса диска  $M$ , радиус диска  $R$ .

Найти скорость груза в тот момент, когда он пройдет путь  $S$ , если движение начинается из состояния покоя и трения в оси нет.



**9.3.** Катушка изготовлена из легкой цилиндрической трубки радиуса  $r$  и двух массивных обручей радиуса  $R = 2r$ , скрепленных с трубкой легкими спицами. Масса каждого обруча равна  $M$ . На трубку намотана нить, перекинутая через невесомый блок. К



концу нити прикреплен груз массы  $m$ . Используя закон сохранения энергии, найдите ускорение груза, натяжение нити и силу трения между катушкой и плоскостью. Считайте, что катушка не проскальзывает относительно плоскости.

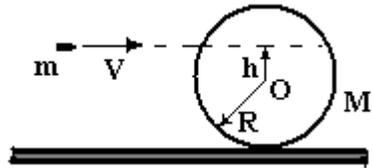
**9.4.** Через блок массы  $M$  и радиуса  $R$  перекинута нить, к концам которой прикреплены два груза с массами  $m_1$  и  $m_2$ . Найти ускорение грузов и угловое ускорение блока, если известно, что нить по блоку не скользит.

**9.5.** Однородный тонкостенный цилиндр скатывается без проскальзывания с наклонной плоскости с высоты  $h$  без начальной скорости. Масса цилиндра  $m$ , радиус  $r$ , угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha$ .

- Найти: 1) скорость цилиндра в конце наклонной плоскости;  
 2) ускорение центра масс цилиндра и угловое ускорение цилиндра относительно оси;  
 3) силу трения между цилиндром и плоскостью

**9.6.** С одной и той же высоты вдоль наклонной плоскости скатываются без проскальзывания два цилиндра равной массы. Известно, что один из цилиндров сплошной, а другой – полый. Какой из цилиндров раньше достигнет основания плоскости?

**9.7.** В цилиндр массы  $M$  и радиуса  $R$ , покоящийся на гладкой горизонтальной плоскости, попадает пуля массы  $m$ , летящая горизонтально на высоте  $h$  от оси цилиндра со скоростью  $V$ , и застревает в нем.



Считая  $m \ll M$ , найдите скорость оси цилиндра и угловую скорость его вращения.

**9.8.** В середину стержня, висящего на шарнире, попадает и прилипает к нему кусочек пластилина массы  $m$ , летящего горизонтально со скоростью  $V$ . Найдите максимальный угол отклонения стержня от вертикали. Масса стержня  $M$ , длина  $L$ .

**9.9.\*** Однородный тонкий брусок массы  $M$  лежит на горизонтальной плоскости. Какой наименьшей горизонтальной силой, приложенной к концу бруска по перпендикуляру к нему, его можно стронуть с места? Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен  $\mu$ .

## ОТВЕТЫ

### ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ИМПУЛЬСА

*Импульс. Закон изменения импульса.*

*Закон сохранения импульса.*

3.1.  $\Delta V = 4 \text{ см/с.}$

3.2.  $U = \frac{m}{M + m} V$

3.3.  $U = 16 \text{ км/ч}$

3.4.  $V_0 = \sqrt{\frac{MgL}{(M + m) \sin 2\alpha}}$

3.5.  $t_2 = \frac{2H}{gt_1} = 4 \text{ с}$

3.6.  $V_2 = 50 \text{ м/с, под углом } \alpha = \arccos(0,4) \text{ к горизонту.}$

3.7.  $S_2 = 5 \text{ км}$

3.8.  $V = 436 \text{ м/с}$

3.9.  $F = 150 \text{ Н}$

3.10.  $V = 1 \text{ м/с}$

3.11.  $\Delta P = 20 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$

3.12.  $\Delta P = P_0 \sqrt{3} \approx 17 \text{ м/с}$

3.13.  $P = P_0 / \sqrt{5} = 450 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$

3.14.  $U = \frac{m}{M + m} V = 0,8 \text{ м/с}$

$$3.15. U = \frac{m}{M+m} V \cos \alpha$$

$$3.16. U_x = V_1 - \frac{m}{M} V_2 = -1,5 \text{ м/с}$$

$$3.17. \Delta V = 2 \text{ см/с.}$$

$$3.18. V_k = V + \frac{M}{M+m} V_o = 8005 \text{ м/с;}$$

$$V_p = V - \frac{m}{M+m} V_o = 7999,9 \text{ м/с}$$

$$3.19. F = \rho S V^2 = 32 \text{ Н}$$

$$3.20. F = \rho S V^2$$

$$3.21. F = m n V = 15 \text{ Н.}$$

$$3.22. F = M \left( g + \frac{V^2}{L} \right)$$

$$3.23. X = \frac{L}{2} (1 - \cos \alpha)$$

$$3.24. x = L \frac{M}{M+m} = 4 \text{ м.}$$

$$3.25. X = 0,25 \text{ м.}$$

$$3.26. L = \frac{m V_o}{k}$$

$$3.27. u_1 = m V \left[ \frac{1}{M+nm} + \frac{1}{M+(n-1)m} + \dots + \frac{1}{M+m} \right]$$

$$u_2 = m V \frac{n}{M+nm}; \quad u_1 > u_2.$$

$$3.28. V = \frac{M \sqrt{2gL \sin \alpha}}{m \cos \alpha}$$

**3.31.** Клин будет неподвижен, если

$$(\sin\alpha - \mu \cos\alpha) \leq \frac{m_1}{m_2} \leq (\sin\alpha + \mu \cos\alpha)$$

**3.32.\***  $\frac{m_1}{M + m_2} \leq \mu < \frac{m_1}{M}; \quad 0,23 \leq \mu < 0,25$

**3.33.\***  $V = \sqrt{gH}$

**3.34.**  $U^I > U^{II}$

***Работа, мощность, механическая энергия***

**4.1.**  $A = 147 \text{ Дж}$

**4.2.**  $A = m(g + 2 \frac{h}{t^2})h$

**4.3.**  $A = \frac{MgL}{2}$

**4.4.**  $A = \frac{MgL}{2} (\mu_1 + \mu_2)$

**4.5.**  $A = 1,96 \text{ МДж}$

**4.6.**  $A = 1,2 \text{ Дж}$

**4.7.**  $A \approx 5,2 \text{ Дж}$

**4.9.**  $N = 112 \text{ кВт}$

**4.10.**  $V = 48 \text{ км/ч}$

**4.11.**  $V = V_1 V_2 \frac{N_1 + N_2}{N_1 V_2 + N_2 V_1}$

**4.12.**  $N = 40 \text{ кВт}$

$$4.13. \quad V = 2 \frac{V_1 V_2}{V_1 + V_2} = 24 \text{ м/с}$$

$$4.14. \quad k = \frac{\varepsilon_1 V_1 - \varepsilon_2 V_2}{V_2 - V_1} = 0,01$$

$$4.16. \quad N = \rho V S (gH + V^2/2)$$

$$4.17. \quad N_2 = 8 N_1$$

$$4.19. \quad A = 38,4 \text{ Дж}$$

$$4.20. \quad H = 9,8 \text{ м}$$

$$4.21. \quad A = 980 \text{ Дж}$$

$$4.22. \quad W = 0,3 \text{ Дж}$$

$$4.23. \quad A = \rho S H^2 \left( \frac{3g}{8} + \frac{S^2 H}{16\pi^2 R^4 \tau^2} \right)$$

$$4.24. \quad \mu = \frac{H}{L + S} = 0,05$$

$$4.25. \quad L \leq \frac{V^2}{\mu g} = 50 \text{ см}$$

$$4.26. \quad V \geq \sqrt{2\mu g L}$$

$$4.27. \quad V_0 = \sqrt{\frac{5\mu_0 g L}{2}} \approx 11 \text{ м/с}$$

$$4.28. \quad T_1 = 4T$$

$$4.29. \quad U = \frac{2N}{Mg}$$

$$4.30. \quad \mu = \frac{V^2}{4gh} \operatorname{tg} \alpha \approx 0,6$$

*Закон сохранения энергии в механике.*

5.1.  $x_{\max} = 2x_0$ ;  $V_{\max} = \sqrt{gx_0}$

5.2.  $T = 3mg \cdot \cos\alpha$

5.3.  $V_I = \sqrt{5gL}$ ,  $T_I = 6gL$ ;

$V_{II} = 2\sqrt{gL}$ ,  $T_{II} = 5gL$

5.4.  $\omega^2 = 2g(1 - \cos\alpha) \frac{|m_1 r_2 - m_2 r_1|}{m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2}$

5.5.  $\omega = \sqrt{3\frac{g}{L}}$

5.6.  $h = 2,5R$ ;  $N = 3mg(1 - \cos\alpha)$

5.7.  $A = mg(H - 1,5h) = 1,96 \text{ Дж}$

5.8.  $R = \frac{V_o^2}{g \cos\alpha} - 2L(\mu + \operatorname{tg}\alpha) \approx 30 \text{ см}$

5.9.  $h = \frac{2}{3}R$

5.10.  $F = (m_1 + m_2)g$

5.11.  $F = \frac{3}{2}\mu mg$ .

5.12.  $F_{\max} = mg(1 + \sqrt{1 + \frac{2kh}{mg}})$ ;  $V_{\max} = \sqrt{2gh + \frac{m^2 g^2}{k}}$

5.13.  $V(\infty) = \sqrt{U^2 - V_{II}^2} = 4,84 \text{ км/с}$

5.14.  $U = -2E_K$

$$5.15. \quad V = m \sqrt{\frac{2gR}{M(M+m)}} \approx 12 \text{ см/с}$$

$$5.16. \quad v = 2 \sqrt{\frac{MgL}{M+m}} \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$5.17. \quad V = x \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$5.18.* \quad F = \frac{7}{9} Mg$$

### *Столкновения.*

$$6.2. \quad W = mg(H - \frac{g\tau^2}{8})$$

$$6.3. \quad V_o = \sqrt{\frac{2kgh}{(1-k)}} = 7,5 \text{ м/с}$$

$$6.4. \quad V = \frac{M+m}{m} \sqrt{2gh} = 140 \text{ м/с}$$

$$6.5. \quad h = \frac{1}{2g} (V - \frac{M}{m} \sqrt{2gH})^2$$

$$6.6. \quad q = \frac{1}{4} (3 - \frac{m}{M})$$

$$6.7. \quad \Delta E_K = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \cdot \frac{(V_1 + V_2)^2}{2} = 0,3 \text{ Дж}$$

$$6.8. \quad q = \frac{M}{M+m}$$

$$6.9. \quad \alpha = \arccos \frac{8}{9}$$

$$6.10. \quad S = \frac{mMV^2}{2(M+m)F} = 10 \text{ см}$$

$$6.11. Q = \frac{1}{2} m(V - U)^2 = 1225 \text{ Дж}, \quad m \ll M$$

$$6.12. V_1 = \sqrt{\frac{2Wm_2}{m_1(m_1 + m_2)}} = 2 \text{ м/с}; \quad V_1 = 1 \text{ м/с}$$

$$6.13. E_1 = \frac{1}{2} kx_1(x_1 + x_2); \quad E_2 = \frac{1}{2} kx_2(x_1 + x_2);$$

$$6.14. x_{\max} = V \sqrt{\frac{m}{2k}}$$

$$6.15. X = \frac{mg}{k} \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{2kH}{(M+m)g}} \right]$$

$$6.16. \beta = \arctg \sqrt{3} = 60^\circ$$

$$6.19. W = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)} (V_1 \pm V_2)^2$$

$$6.20. h = 4L(1 - \cos \alpha) \frac{m_1^2}{(m_1 + m_2)^2} = 6,25 \text{ см}$$

$$6.21. U = \frac{m}{M} V; \quad u = V \sqrt{1 - \frac{m}{M}}; \quad \text{ctg} \alpha = \sqrt{1 - \frac{m}{M}}$$

$$6.22. V_1 = V + 2U$$

$$6.24. V_{\min} = \sqrt{2gh \left( 1 + \frac{m}{M} \right)}$$

$$6.25. V_{\min} = \frac{m}{M} \sqrt{\frac{2gHM}{(m+M)}}$$

$$6.26. E_{\text{He}} = \frac{3}{4} E_0; \quad E_\alpha = \frac{1}{4} E_0$$

$$6.27.* \sin \alpha_{\max} = \frac{m}{M}$$

$$6.28.* \text{tg} \beta = \frac{M+m}{M-m} \text{tg} \alpha$$

$$6.29. \beta = \operatorname{arctg}(2\operatorname{tg}\alpha); \quad q = \frac{1}{2} \cos^2\alpha$$

$$6.30. V_A = -\frac{1}{5} V_0; \quad V_B = V_C = \frac{2\sqrt{3}}{5} V_0$$

$$6.31. L = \frac{MV^2}{2\mu g(M+m)} = 1,25 \text{ м}; \quad Q = \frac{mV^2}{2} \cdot \frac{M}{M+m} = 2,5 \text{ Дж}$$

$$6.32. S = 2L \frac{m}{M+m}$$

## СТАТИКА

*Сложение параллельных сил. Центр тяжести тела.*

$$7.1. M = 0,8 \text{ кг}$$

$$7.2. N_1^I = N_2^I = 98 \text{ Н}; \quad N_1^{II} = 24,5 \text{ Н}, \quad N_2^{II} = 171,5 \text{ Н}$$

$$7.3. M = m \frac{L}{L - 2L_1} = 120 \text{ кг}$$

$$7.4. m = \sqrt{m_1 m_2} = 319 \text{ г}$$

$$7.5. x = -5 \text{ см}$$

$$7.6. \alpha = \operatorname{arctg} \frac{1}{3}$$

$$7.7. x = R/6$$

*Условия равновесия твердого тела. Теорема о трех силах.*

$$7.8. T = 196 \text{ Н}$$

$$7.9. T_{AB} = mg \cdot \operatorname{ctg}\alpha = 568 \text{ Н}; \quad T_{BC} = \frac{mg}{\sin \alpha} = 1130 \text{ Н.}$$

$$7.10. T = mg \frac{L+R}{\sqrt{L^2 + 2LR}}; \quad F = mg \frac{R}{\sqrt{L^2 + 2LR}}$$

$$7.11. N = mg = 245 \text{ mH}; \quad F = mg \frac{R}{\sqrt{L^2 - 4R^2}} = 294 \text{ mH}$$

$$7.12. \operatorname{tg} \alpha = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{3}(m_1 + m_2)}$$

$$7.13. N_1 = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad N_2 = mg \frac{\cos 2\alpha}{\cos \alpha}$$

$$7.14. h = R \frac{2m}{\sqrt{M^2 + 4m^2}} \approx 2,5 \text{ mm}$$

$$7.15. T_1 = \frac{mg}{2 \sin \alpha}; \quad T_2 = \frac{mg}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

$$7.16. F = mg \frac{\mu}{\sqrt{1 + \mu^2}}$$

$$7.17. \mu \geq \operatorname{tg} 15^\circ = 2 - \sqrt{3} = 0,27$$

$$7.18. \mu \geq \operatorname{tg} 15^\circ = 2 - \sqrt{3} = 0,27$$

$$7.19. \mu = \frac{r}{R \sin \alpha} = 0,2$$

$$7.20. \alpha = \operatorname{arcc} \operatorname{tg} 2\mu$$

$$7.21. \mu \geq \frac{\sin 2\alpha}{1 + 2 \sin^2 \alpha} = 0,5$$

$$7.23. N_1 = 1,5 N_2$$

$$7.24. \mu = 0,66$$

$$7.25. \alpha = \arcsin \frac{1}{6}$$

$$7.26. \mu \geq \frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha$$

$$7.28. \mu = \frac{m}{M} \operatorname{tg} \alpha$$

$$7.29. \alpha = \operatorname{arctg} \frac{(M+m)R}{mL} = 45^\circ$$

$$7.30. m_3 \geq \frac{4m_1 m_2}{m_1 + m_2} = 3 \text{ кг}$$

$$7.31. m = M$$

$$7.32. N = Mg - F \frac{r-h}{\sqrt{h(2r-h)}} \text{ при } F < Mg \frac{\sqrt{h(2r-h)}}{(r-h)} = F_{\text{кр}}$$

$$N = 0 \quad F > F_{\text{кр}}$$

Поскольку  $F_{\text{кр}} = 17,3 \text{ Н}$ ,  $F < F_{\text{кр}}$ ,  $N = 1,3 \text{ Н}$

### *Равновесие жидкостей и газов.*

$$8.1. M = 3,6 \text{ кг}$$

$$8.2. F = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

$$8.3. x = h \frac{(\rho - \rho_1)}{(\rho_2 - \rho_1)}$$

$$8.4. \frac{\Delta M}{M} = 0,14\%; \Delta M = 1,1 \text{ г}$$

$$8.5. x = \frac{m}{\rho_o S}$$

$$8.6. x = \frac{4m}{\pi \rho (d_1^2 + d_2^2)}$$

$$8.7. m > \rho_o V - M \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho}\right) = 380 \text{ г}$$

$$8.8. N = \frac{mg}{4} \operatorname{ctg} \alpha = 0,98 \text{ Н}$$

$$8.9. \frac{L_2}{L_1} = 1,58$$

$$8.10. x = (L - a) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{L(L - 2a)\rho}{(L - a)\rho_0}} \right]$$

$$8.11. A = \frac{1}{8} \rho_0 S L^2 g (3 - \sin \alpha) = \frac{5}{16} \rho_0 S L^2 g$$

$$8.12.* \rho = \frac{3M}{\pi h^2 \operatorname{tg} \alpha (3R - h \operatorname{tg} \alpha)}$$

$$8.14. W = \frac{1}{4} \rho g S H^2$$

$$8.15. W = \frac{1}{4} g S h^2 \rho_2 \left( 1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^2 \approx 1,25 \text{ Дж}$$

$$8.16.* \omega = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2g \cos \alpha}{L}} \approx 8 \text{ с}^{-1}$$

## ДИНАМИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

$$9.1. E = \frac{3}{4} M V^2$$

$$9.2. V = 2 \sqrt{\frac{mgS}{2m + M}}$$

$$9.3. a = \frac{m}{m + 16M} g ; T = \frac{16mM}{m + 16M} g ; F = \frac{12mM}{m + 16M} g$$

$$9.4. a = 2 \frac{|m_1 - m_2|}{2m_1 + 2m_2 + M} g ; \varepsilon = \frac{a}{R}$$

**9.5.** 1)  $V = \sqrt{gh}$  ;

2)  $a = \frac{1}{2} g \cdot \sin\alpha$ ;  $\varepsilon = \frac{1}{2r} g \cdot \sin\alpha$

3)  $F = \frac{1}{2} mg \cdot \sin\alpha$

**9.7.**  $U = V \frac{m}{M}$ ;  $\omega = 2 \frac{mVh}{MR^2}$

**9.8.**  $\cos\alpha = 1 - \frac{3m^2V^2}{gL(4M + 3m)(M + m)}$

**9.9.**  $F_{\min} = \mu Mg(\sqrt{2} - 1)$

## *Содержание*

### **ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ИМПУЛЬСА**

1. *Импульс. Закон изменения импульса.  
Закон сохранения импульса.* 3
2. *Работа, мощность, механическая энергия.* 9
3. *Закон сохранения энергии в механике.* 15
4. *Столкновения.* 19

### **СТАТИКА**

5. *Сложение параллельных сил.  
Центр тяжести тела.* 25
6. *Условия равновесия твердого тела.  
Теорема о трех силах.* 26
7. *Равновесие жидкостей и газов.* 32

### **ДИНАМИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**

36

### **ОТВЕТЫ**

38

# Сборник задач по физике

Часть I. Механика (2).

Законы сохранения энергии и импульса. Статика.

Динамика твердого тела.

*Корнеева Татьяна Петровна*

Школа имени академика А.Н. Колмогорова  
Специализированный учебно-научный центр  
Московского государственного университета им.  
М.В.Ломоносова  
Кафедра физики

2011 г.

