

Задачник по физике

9 класс

Оглавление

Предисловие	4
1 Кинематика	5
1.1 Средняя скорость	5
1.2 Равнопеременное прямолинейное движение	6
1.3 Графики движения	12
1.4 Уравнения движения	13
1.5 Движение тел, брошенных горизонтально	14
1.6 Движение тел, брошенных под углом	15
1.7 Кинематика вращательного движения	23
1.8 Относительное движение и сложение скоростей	25
1.9 Движение со связями	30
2 Динамика	33
2.1 Горизонтальное или вертикальное движение	33
2.2 Блоки	38
2.3 Наклонная плоскость	43
2.4 Динамика вращательного движения	47
2.5 Движение тел под действием сил упругости	51
2.6 Закон всемирного тяготения	52
2.7 Законы Кеплера	54
3 Импульс	56
3.1 Основное уравнение динамики	56
3.2 Закон сохранения импульса	58
3.3 Движение центра масс системы	61
4 Работа, энергия, мощность	63
5 Законы сохранения	68
5.1 Простейшие задачи на сохранение энергии	68
5.2 Комбинированные задачи на законы сохранения	70

5.3	Прямой центральный абсолютно упругий удар	79
5.4	Непрямой упругий удар	80
5.5	Неупругий удар	81
6	Статика	83
7	Комбинированные задачи	93
8	Качественные задачи	109
	Ответы	111

Предисловие

Настоящий сборник задач основан на задачниках со вступительными испытаниями по физике в МГТУ имени Баумана (2000; Дмитриев, Васюков, Струков) и МГУ (2001; под редакцией Драбовича, Макарова, Чеснокова). Задачи перемешаны, добавлены другие задачи и определения. В главе 7 даны типовые комбинированные задачи по механике уровня «сложных задач» из ЕГЭ.

Задачи, снабжённые иллюстрациями, отмечены знаком $\diamond$ перед номером.

Нумерация вида [Б-1.22] соответствует заданиям из книги «Физика: сборник задач для поступающих в вузы», М.: Ориентир, “Светоч Л”, 2000, 160 с. Васюков, Дмитриев, Струков.

Нумерация вида [М-1.2.5] соответствует заданиям из книги «Подготовка к вступительным экзаменам в МГУ. Физика» под редакцией Драбовича, Макарова, Чеснокова. ООО «МАКС-Пресс», 2001. Нумерация вида [М₂-1.2.5] соответствует той же книге, изданной в 2010 году.

Нумерация вида [С-2.1.22] соответствует задачнику «Задачи по физике» под редакцией О. Я. Савченко. Издание третье, Новосибирск, 2008.

Нумерация вида [Г-1.8] соответствует заданиям из задачника Гольдфарба для 10-11 классов («Дрофа», 16-е издание, 2012).

Нумерация вида [Ч-1.302] соответствует заданиям из книги «Методическое пособие по физике для учащихся старших классов и абитуриентов» под редакцией Чешева. Издание 7-е, исправленное. Москва, ФИЗМАТКНИГА 2018, 432 с.

Обо всех замеченных опечатках и ошибках просьба сообщить составителю по электронной почте sergey@lisakov.com.

Документ обновлён 2020/08/13 в 23:16.

1 Кинематика

Определения

Механика. Механическое движение. Основная задача механики. Кинематика. Материальная точка. Система отсчёта. Траектория. Путь. Перемещение. Равномерное движение. Инерция. Закон инерции. Средняя скорость. Средняя путевая скорость. Мгновенная скорость. Ускорение. Равноускоренное движение. Поступательное движение. Угловая скорость. Период и частота обращения. «Равномерное» движение по окружности («условно-равномерное»). Центробежное (нормальное) ускорение. Тангенциальное ускорение. Угловое ускорение. Поступательное движение. Вращательное движение.

Средняя скорость

1.1 Первую половину всего времени движения автомобиль двигался со скоростью v_1 , а вторую половину — со скоростью v_2 . Найти среднюю скорость автомобиля за всё время движения.

1.2 Первую половину пути тело прошло, двигаясь со скоростью v_1 , а вторую — двигаясь со скоростью v_2 . Найти среднюю скорость за время движения.

1.3 [Б-1.1] Автомобиль двигался из пункта A в пункт B со скоростью $v = 40$ км/ч, а обратно из пункта B в пункт A со скоростью 60 км/ч. Определить среднюю скорость v_s автомобиля на всём пути и среднюю скорость перемещения $\vec{v}_{cp}$, если автомобиль в пункте B : а) мгновенно развернулся и поехал назад; б) простоял в течение времени, равного половине времени движения из пункта B в пункт A .

1.4 [Б-1.2] Всадник проехал половину пути со скоростью $v_1 = 10$ км/ч. Далее половину оставшегося времени движения он ехал со скоростью $v_2 = 8$ км/ч, а затем до конца пути — со скоростью $v_3 = 4$ км/ч. Определить среднюю скорость движения всадника на всём пути.

1.5 [Б-1.3] Материальная точка движется по окружности радиуса $R = 1$ м с постоянной линейной скоростью, совершая один полный оборот за время $T = 1$ с. Определить модуль средней скорости перемещения за четверть (v_1), половину (v_2), три четверти (v_3) и полный оборот (v_4).

1.6 [Б-1.4] Первую половину времени тело движется со скоростью $v_1 = 20$ м/с под углом $\alpha_1 = 60^\circ$ к заданному направлению, а вторую половину времени — под углом $\alpha_2 = 120^\circ$ к тому же направлению со скоростью $v_2 = 40$ м/с. Найти среднюю скорость движения $v_{\text{ср}}$.

1.7 [Б-1.5] Тело совершает два последовательных, одинаковых по длине перемещения со скоростями $v_1 = 20$ м/с под углом $\alpha_1 = 60^\circ$ к заданному направлению оси OX , и $v_2 = 40$ м/с под углом $\alpha_2 = 120^\circ$ к тому же направлению. Найти среднюю скорость движения $v_{\text{ср}}$.

Равнопеременное прямолинейное движение

1.8 Тело падает с нулевой начальной скоростью и пролетает до пола расстояние h . Найти время падения $t_{\text{пад}}$ от начала движения до падения на пол и конечную скорость $v_{\text{к}}$.

1.9 Тело падает с нулевой начальной скоростью и пролетает до пола расстояние h . Найти время падения $t_{\text{пад}}$ от начала движения до падения на пол и конечную скорость $v_{\text{к}}$. Выбрать ось, сонаправленную с $\vec{g}$.

1.10 Тело падает с нулевой начальной скоростью и пролетает до пола расстояние h . Через какое время t_1 после начала движения тело пролетит половину расстояния до пола? Какую скорость v_1 будет оно иметь в этот момент?

1.11 Тело падает с нулевой начальной скоростью и пролетает до пола расстояние h . Через какое время t_1 после начала движения тело пролетит половину расстояния до пола? Какую скорость v_1 будет оно иметь в этот момент? Выбрать ось, сонаправленную с $\vec{g}$.

1.12 Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью v_0 с высоты h над полом. Найти время полёта $t_{\text{пол}}$ от начала движения до падения на пол и конечную скорость $v_{\text{к}}$.

1.13 Тело, находившееся на расстоянии h от пола, брошено вертикально вверх с начальной скоростью v_0 . Найти время полёта $t_{\text{пол}}$ от начала движения до падения на пол и конечную скорость $v_{\text{к}}$. Выбрать сонаправленную с $\vec{g}$ ось.

1.14 Тело брошено вертикально вверх с высоты h . Найти начальную и конечную скорости, если время полёта $t_{\text{пол}}$.

1.15 Тело брошено вертикально вниз с начальной скоростью v_0 с высоты h . Найти время полёта $t_{\text{пол}}$ от начала движения до падения на пол и конечную скорость v_k .

1.16 Тело брошено вертикально вниз с начальной скоростью v_0 с высоты h . Найти время полёта $t_{\text{пол}}$ от начала движения до падения на пол и конечную скорость v_k . Выбрать ось, сонаправленную с $\vec{g}$.

1.17 [Б-1.9] Тело брошено от поверхности земли вертикально вверх с начальной скоростью v_0 . Определить время подъёма $t_{\text{под}}$, максимальную высоту подъёма h , время движения от момента броска до момента падения $t_{\text{пол}}$ и конечную скорость тела v_k .

1.18 Тело брошено вертикально вверх с высоты h над поверхностью земли с начальной скоростью v_0 . Определить время подъёма $t_{\text{под}}$, максимальную высоту подъёма H , время движения от момента броска до момента падения $t_{\text{пол}}$ и конечную скорость тела v_k .

1.19 Решить задачу 1.17, выбрав сонаправленную с $\vec{g}$ ось.

1.20 Решить задачу 1.17, выбрав ось y под углом φ к вертикали.

1.21 [Б-1.17] Мяч брошен вертикально вверх со скоростью $v_0 = 10$ м/с. На какой высоте скорость мяча будет вдвое меньше v_0 ?

1.22 [Б-1.12] Звук выстрела и пули одновременно достигают высоты $H = 680$ м. Какова начальная скорость v_0 пули? Выстрел произведён вертикально вверх; сопротивление движению пули не учитывать. Скорость звука c принять равной 340 м/с.

1.23 [М-1.1.6] Подъёмный кран опускает бетонную плиту с постоянной скоростью $V = 1$ м/с. Когда плита находилась на расстоянии $h = 4$ м от поверхности земли, с неё упал небольшой камень. Каков промежуток времени τ между моментами, в которые камень и плита достигли земли? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с², толщиной плиты по сравнению с h пренебречь.

1.24 [Б-1.6] Локомотив находился на расстоянии 400 м от светофора и имел скорость 54 км/ч, когда началось торможение с ускорением, модуль которого равен 0,3 м/с². На каком расстоянии от светофора остановится локомотив?

1.25 Небольшое тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью $v_0 = 3,13$ м/с. Когда оно достигло верхней точки полёта, из того же начального пункта с такой же начальной скоростью бросили второе тело. Определите, на каком расстоянии h от точки бросания встретятся тела. Сопротивление воздуха не учитывать.

1.26 [Б-1.18] Пуля, летящая со скоростью 400 м/с, попадает в преграду и проникает в неё на глубину 32 см. Найти ускорение a и время движения t внутри преграды. На какой глубине l_1 скорость пули уменьшится в 4 раза? Движение пули считать равнопеременным.

1.27 Пуля, летящая со скоростью 500 м/с, попадает в мешок с песком. Время движения пули в песке составило 0,1 с. Найдите расстояние, которое пуля прошла в песке, и значение ускорения, с которым двигалась пуля до остановки. Во сколько раз уменьшилась скорость пули, когда она прошла половину расстояния в песке?

1.28 [М-1.1.2] Пуля, летящая со скоростью $V = 400$ м/с, попадает в земляной вал и проникает в него на расстояние $l = 20$ см. Какова скорость V_1 пули на расстоянии от поверхности земли, равном $l_1 = 10$ см? Силу сопротивления, действующую на пулю в земле, считать постоянной.

1.29 [Б-1.8] За последние $\tau = 2$ с свободно падающее тело пролетело $\alpha = 3/4$ всего пути. Сколько времени t_0 и с какой высоты H падало тело?

1.30 [Б-1.10] Камень свободно падает с высоты $H = 10$ м. За какое время τ он пройдёт последние $l = 2$ м своего пути?

1.31 [ЕГЭ] Тело, свободно падающее с некоторой высоты, первый участок пути проходит за время $\tau = 1$ с, а такой же последний — за время $\tau/2$. Найдите полное время падения t , если начальная скорость тела равна нулю.

1.32 Тело, свободно падающее с некоторой высоты из состояния покоя, за время $\tau = 1$ с после начала движения проходит путь в $n = 5$ раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. Найдите полное время движения.

1.33 На сколько путь, пройденный свободно падающим телом в n -ю секунду, больше пути, пройденного в предыдущую секунду?

1.34 [Б-1.15] Тело, двигаясь равноускоренно, за пятую секунду от начала движения проходит 45,5 м. Определить модуль перемещения тела за 5 с и его скорость в конце пятой секунды. Начальная скорость тела равна нулю.

1.35 [Б-1.11] Аэростат поднимается с земли вертикально вверх с ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$. Через $\tau = 5 \text{ с}$ от начала движения из него выпал предмет. На какую максимальную высоту H поднимется этот предмет? Через какое время t_0 этот предмет упадёт на землю и какую конечную скорость v_k будет иметь при этом? Начальная скорость аэростата равна нулю.

1.36 [Б-1.14] По наклонной доске скользит снизу вверх шарик. На расстоянии $l = 0,3 \text{ м}$ от начальной точки движения шарик побывал дважды: через $t_1 = 1 \text{ с}$ и $t_2 = 2 \text{ с}$ после начала движения. Определить начальную скорость и ускорение движения шарика, считая его постоянным.

1.37 [Б-1.16] Электропоезд начинает своё движение из состояния покоя и равномерно увеличивает скорость. Первый вагон прошёл мимо наблюдателя, неподвижно стоявшего на платформе, за время $\tau_1 = 10 \text{ с}$. За какое время τ пройдёт мимо него седьмой вагон?

1.38 [М-1.1.1] Пассажир метрополитена наблюдает отправление поезда. Находясь на платформе у начала первого вагона, он замечает, что с момента отправления поезда этот вагон прошёл мимо него за время $\tau_1 = 5 \text{ с}$. Считая движение поезда равноускоренным, найти, за какое время τ_2 мимо пассажира пройдёт второй вагон.

1.39 [М-1.1.3] Пассажир, стоящий на перроне, заметил, что первый вагон электропоезда, приближающегося к станции, прошёл мимо него в течение $t_1 = 4 \text{ с}$, а второй — в течение $t_2 = 5 \text{ с}$. Определить ускорение поезда a , если передний конец поезда остановился на расстоянии $L = 75 \text{ м}$ от пассажира. Движение поезда считать равнозамедленным.

1.40 [М₂-1.1.2] В момент, когда опоздавший пассажир вышел на перрон вокзала, с ним поравнялось начало предпоследнего вагона уходящего поезда. Желая определить, на сколько он опоздал, пассажир измерил время t_1 , за которое мимо него прошёл предпоследний вагон, и время t_2 , за которое мимо него прошёл последний вагон. Оказалось, что $t_1 = 9 \text{ с}$, а $t_2 = 8 \text{ с}$. Считая, что поезд двигался равноускоренно и длина вагонов одинакова, найти, на какое время τ пассажир опоздал к отходу поезда.

1.41 [ЕГЭ] Двигаясь прямолинейно равноускоренно, за время τ тело прошло расстояние S , увеличив свою скорость в три раза. Найти конечную скорость тела.

1.42 [Б-1.7] Ракета, запущенная вертикально, достигла высоты 192 км . Во время работы двигателей ускорение ракеты равнялось 2 м/с^2 . Сколько времени работал двигатель?

1.43 [ЕГЭ] На последнем километре тормозного пути скорость поезда уменьшилась на 10 м/с. Определите скорость в начале торможения, если общий тормозной путь поезда составил 4 км, а торможение было равнозамедленным.

1.44 [ЕГЭ] Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с. Через 5 с от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением 3 м/с². Чему равна скорость мотоциклиста в момент, когда он догонит грузовик?

1.45 [М-1.1.4] Нарушитель правил дорожного движения промчался на автомобиле мимо поста ГАИ со скоростью $V_1 = 108$ км/ч. Спустя $t_1 = 20$ с вслед за нарушителем отправился на мотоцикле инспектор ГАИ и, разгоняясь равноускоренно в течение $t_2 = 40$ с, набрал скорость $V_2 = 144$ км/ч. На каком расстоянии S от поста ГАИ инспектор догонит нарушителя, двигаясь после разгона со скоростью V_2 ?

1.46 [Б-1.19] Поезд начинает движение из состояния покоя и равномерно увеличивает свою скорость. На первом километре она возросла на $\Delta v_1 = 10$ м/с. На сколько возрастет скорость на втором километре?

1.47 [Б-1.20] Автомобиль начинает движение из состояния покоя и, двигаясь по прямой, проходит первый километр с ускорением a_1 , а второй — с ускорением a_2 . При этом его скорость на первом километре увеличивается на $\Delta v_1 = 10$ м/с, а на втором — на $\Delta v_2 = 5$ м/с. Какое ускорение больше: a_1 или a_2 ?

1.48 [М-1.1.5] Ракета запущена вертикально вверх с поверхности Земли и на участке разгона имела постоянное ускорение $a = 19,6$ м/с². Какое время t падала ракета с ускорением $g = 9,8$ м/с² после достижения наибольшей в полёте высоты, если на участке разгона движение продолжалось в течение времени $\tau = 1$ мин?

1.49 [М-1.1.7] Ракета запущена вертикально вверх и во время работы двигателя имела постоянное ускорение $a = 5g$. Спустя $t = 1$ мин после старта двигатель ракеты отключился. Через какое время τ после отключения двигателя ракета упала на землю? Соппротивление воздуха не учитывать.

1.50 [М-1.1.8] Шарик бросают вертикально вверх со скоростью $v_0 = 5$ м/с. Пролетев расстояние $h = 1,05$ м, он упруго ударяется о потолок и падает вниз. Через какое время τ после начала движения шарик упадёт на пол, если расстояние от пола до потолка $H = 2,25$ м? Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с².

1.51 [М-1.1.9] В кабине лифта высотой $H = 2,5$ м, движущейся с ускорением $a = 0,8$ м/с², направленным вниз, с высоты $h = 0,5$ м от пола вертикально вверх бросают маленький шарик. С какой начальной скоростью v_0 относительно лифта брошен шарик, если после броска он поднялся точно до потолка кабины?

1.52 [М-1.1.10] Два тела начали падать с одной и той же высоты с интервалом $t = 5$ с. Через какое время τ после начала падения второго тела расстояние между телами будет $d = 200$ м? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с², сопротивлением воздуха пренебречь.

1.53 [М-1.1.12] Жонглер бросает вертикально вверх шарики с одинаковой скоростью через равные промежутки времени. При этом пятый шарик жонглер бросает в тот момент, когда первый шарик возвращается в точку бросания. Найти максимальное расстояние S между первым и вторым шариками, если начальная скорость шариков $v_0 = 5$ м/с. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.

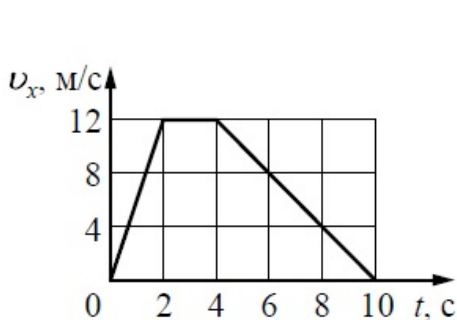
1.54 [Б-1.13] Два тела брошены вертикально вверх из одной точки одно вслед за другим с интервалом $\tau = 2$ с с одинаковыми начальными скоростями $v_0 = 50$ м/с. Через какое время $t_{\text{в}}$ после броска первого тела и на какой высоте $H_{\text{в}}$ они встретятся?

1.55 Два тела падают друг за другом с высоты h с интервалом τ без начальной скорости. Найти расстояние между ними через 2τ после старта первого тела. Считать, что к этому моменту первое тело не успело коснуться пола.

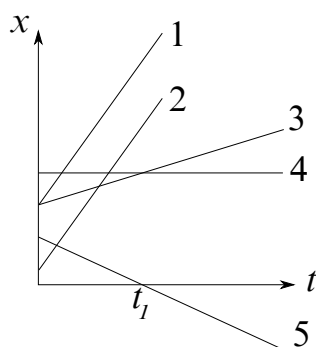
1.56 Два тела бросили вертикально вниз друг за другом с высоты h с интервалом τ с одинаковыми начальными скоростями v_0 . Найти расстояние между ними через 2τ после старта первого тела. Считать, что к этому моменту первое тело не успело коснуться пола.

1.57 Два тела бросили вертикально вверх друг за другом с высоты h с интервалом τ с одинаковыми начальными скоростями v_0 . Найти расстояние между ними через 2τ после старта первого тела. Считать, что к этому моменту первое тело не успело коснуться пола.

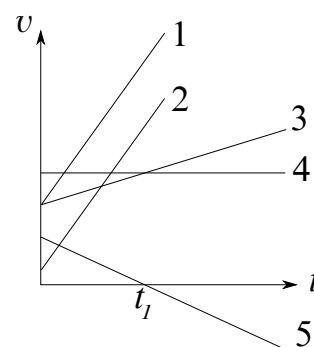
1.58 Одно тело бросили с высоты h вертикально вниз со скоростью v_1 , а второе бросили из той же позиции через время τ вертикально вверх со скоростью v_2 . Определить расстояние между телами через 4τ после старта второго тела.



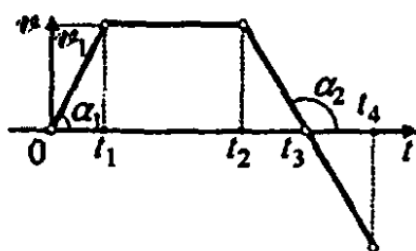
К задаче 1.59



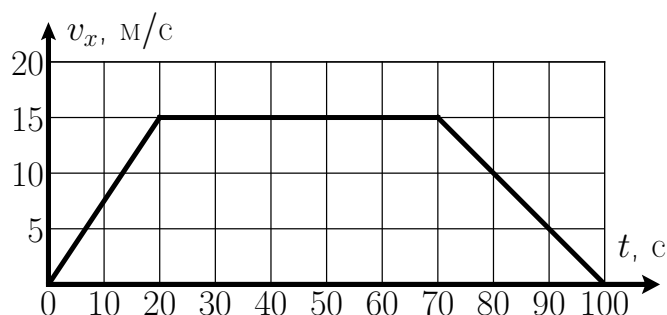
К задаче 1.60



К задаче 1.61



К задаче 1.62



К задаче 1.63

Графики движения

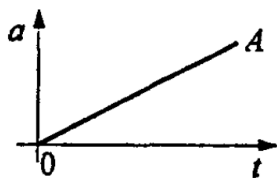
◇ **1.59** [ЕГЭ] На рисунке показан график зависимости от времени для проекции v_x скорости тела. Какова проекция a_x ускорения этого тела в интервале времени от 4 до 8 с?

◇ **1.60** На рисунке представлена зависимость координаты от времени для пяти разных тел. Описать характер движения всех тел. Указать тело, движущееся с наибольшей скоростью; с наименьшей скоростью.

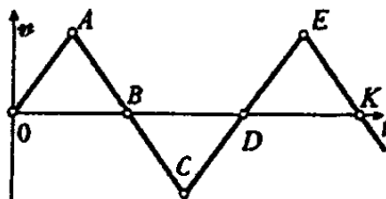
◇ **1.61** На рисунке представлена зависимость проекции скорости от времени для пяти разных тел. Описать характер движения всех тел. Указать тело, движущееся с наибольшим ускорением; наименьшим ускорением.

◇ **1.62** [Б-1.21] Дан график зависимости скорости тела, движущегося прямолинейно, от времени. Построить графики зависимости ускорения, приращения координаты и пройденного пути от времени.

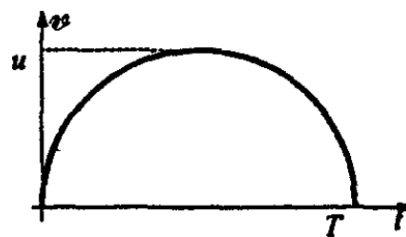
◇ **1.63** [ЕГЭ] На рисунке представлен график зависимости модуля скорости v автобуса от времени t . Определите по графику путь, пройденный автобусом в интервале времени от $t_1 = 0$ с до $t_2 = 50$ с.



К задаче 1.64



К задаче 1.65



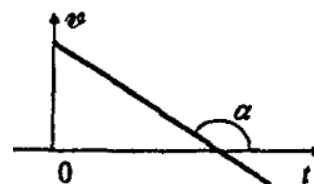
К задаче 1.66

◇ 1.64 [Б-1.26] По графику зависимости ускорения от времени построить график зависимости скорости от времени. Начальная скорость равна нулю.

◇ 1.65 [Б-1.27] На рисунке показан график скорости тела, движущегося прямолинейно. Построить график его перемещения и ускорения, если треугольники OAB , BCD и DEK равны.

◇ 1.66 [Б-1.28] График зависимости скорости от времени имеет вид дуги окружности, опирающейся на диаметр (см. рисунок). Значения u и T заданы. Найти приращение координаты Δx .

◇ 1.67 [Б-1.22] По графику скорости тела, движущегося прямолинейно, начертить графики изменения координаты и ускорения.



Уравнения движения

1.68 [Б-1.30] Точка движется по оси X по закону $x = 5 + 3t - 2t^2$ (x — в метрах). На каком расстоянии от начала координат скорость точки будет равна нулю?

1.69 [Б-1.31] Движение тела вдоль оси X описывается уравнением $x = 3 + 2t + t^2$ (x — в метрах). Чему равна средняя скорость движения тела за вторую секунду?

1.70 [Б-1.32] Движение материальной точки в данной системе отсчёта характеризуется уравнениями $x = 2 + t$, $y = 1 + 2t$ (x , y — в метрах, t — в секундах). Найти уравнение траектории. Построить траекторию на плоскости XOY . Указать положение точки при $t = 0$, направление и скорость движения.

1.71 [Б-1.33] Движение материальной точки описывается уравнениями $x = 10 \cos 3t$, $y = 10 \sin 3t$ (x , y — в сантиметрах). Определить скорость и ускорение точки.

1.72 Координата тела меняется с течением времени согласно закону $x = 4 - 2t$, где все величины выражены в СИ.

1. Определите проекцию скорости v_x этого тела.
2. Определите проекцию ускорения a_x для этого тела.
3. Найти путь, пройденный телом за 10 с.
4. Найти модуль перемещения тела за 10 с.
5. Чему будет равна координата x тела через 10 секунд после начала движения?
6. Чему равна координата тела x_0 в момент начала движения?

1.73 Координата тела меняется с течением времени согласно закону $y = 7 + 4t - 2t^2$, где все величины выражены в СИ.

1. Определите начальную проекцию скорости v_{0y} этого тела.
2. Определите проекцию ускорения a_y для этого тела.
3. Чему равна координата тела y_0 в момент начала движения?
4. По какому закону меняется проекция скорости v_y этого тела?
5. Чему равна координата тела через 2 с после начала движения?
6. Какое перемещение совершит тело за 2 с?
7. Какой путь пройдёт тело за 2 с?

Движение тел, брошенных горизонтально

1.74 Тело брошено горизонтально со скоростью v_0 с высоты h . Найти время полёта, дальность, конечную скорость, угол наклона конечной скорости к горизонту, уравнение траектории.

1.75 Тело брошено горизонтально со скоростью v_0 с высоты h . Через какое время высота тела уменьшится вдвое? Какую скорость будет иметь тело в этот момент? Какое расстояние пролетит тело по горизонтали?

1.76 Тело брошено горизонтально со скоростью v_0 с высоты h . Через какое время высота тела уменьшится в три раза? Под каким углом к горизонту направлен вектор скорости тела в этот момент времени? Чему равен модуль перемещения тела за это время?

1.77 [Б-1.53] Какую горизонтальную скорость имел самолёт при сбрасывании груза с высоты 400 м, если он упал на расстоянии 500 м от места бросания по горизонтали? Сопротивлением воздуха пренебречь.

1.78 Тело бросили горизонтально с высоты h . Угол наклона конечной скорости к горизонту равен β . Найти начальную скорость v_0 и дальность полёта l .

1.79 В мишень с расстояния 20 м сделано два выстрела при горизонтальной наводке винтовки. Скорость первой пули 100 м/с, а второй — 200 м/с. Определить расстояние между пробоинами в мишени.

1.80 Теннисист подаёт мяч, сообщая ему горизонтальную скорость на высоте 2,5 м. Какую минимальную скорость он должен сообщить мячу, чтобы мяч пролетел над сеткой высотой 0,9 м, находящейся на расстоянии 15 м от теннисиста?

1.81 С вышки брошен камень в горизонтальном направлении. Через 2 с камень упал на землю на расстоянии 40 м от основания вышки. Найти начальную и конечную скорости камня.

1.82 Тело бросили горизонтально, и конечная скорость оказалась равна 14 м/с. Сколько времени длился полёт, если по горизонтали тело удалилось от точки бросания на 4 м?

Движение тел, брошенных под углом

1.83 Тело брошено со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Найти время подъёма, время полёта, максимальную высоту, дальность полёта, конечную скорость, угол наклона конечной скорости к горизонту, уравнение траектории $y(x)$.

1.84 Тело бросили со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Когда оно будет на высоте h ?

1.85 Камень бросили под углом α к горизонту, он достиг наибольшей высоты h . Какова дальность l полёта камня?

1.86 Под каким углом к горизонту нужно бросить тело, чтобы дальность полёта была равна максимальной высоте подъёма?

1.87 [Б-1.46] Под каким углом к горизонту нужно бросить тело, чтобы дальность полёта была в n раз больше максимальной высоты подъёма?

1.88 $\approx$ [Б-1.47] Два тела брошены с одной и той же скоростью под углом α и $90^\circ - \alpha$ к горизонту. Определить отношение наибольших высот подъёма этих тел и дальностей полёта.

1.89 [М-1.1.11] Два тела скользят навстречу друг другу по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 2 \cdot 10^{-4}$ рад. В момент, когда расстояние между ними $S = 30$ см, скорость тела, движущегося вверх, составляет $v_1 = 5$ см/с, а скорость тела, движущегося вниз — $v_2 = 1,5$ см/с. Какие пути S_1 и S_2 пройдут тела до места встречи? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с², трением тел о плоскость пренебречь.

1.90 Тело брошено со скоростью $v_0 = 50$ м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. На какой высоте h будет тело в тот момент, когда его скорость будет направлена под углом $\varphi = 30^\circ$ к горизонту?

1.91 Двое бросают друг другу мяч. От одного игрока к другому мяч летит время τ . На какую максимальную высоту поднимается мяч?

1.92 Пушка и цель находятся на одном уровне на расстоянии 5,1 км друг от друга. За какое время снаряд с начальной скоростью 240 м/с достигнет цели?

1.93 Тело бросили со скоростью v_0 под неизвестным углом к горизонту. Найти скорость v_1 , когда тело достигло высоты h .

1.94 Тело бросили со скоростью v_0 под неизвестным углом к горизонту с высоты h . Найти конечную скорость v_k в момент падения на землю.

1.95 Тело, брошенное с начальной скоростью v_0 под углом к горизонту, поднялось на максимальную высоту H . Определить скорость летящего тела через время t_1 после начала движения.

1.96 Тело бросили под неизвестным углом к горизонту со скоростью v_0 . Через время t_1 скорость стала равна v_1 . Найти максимальную высоту подъёма тела.

1.97 Тело бросили со скоростью $v_0 = 25$ м/с под углом к горизонту. Оно достигло максимальной высоты через время τ , пролетев расстояние $L = 30$ м по горизонтали. Чему равно время τ ?

1.98 Тело бросили под углом α к горизонту. Через время τ вертикальная составляющая его полной скорости была равна v_{1y} . Найти дальность полёта.

1.99 [Б-1.48] Из брандспойта (шланг с металлическим наконечником), расположенного около поверхности земли, вырывается струя воды со скоростью $v_0 = 10$ м/с. Брандспойт медленно вращается вокруг вертикальной оси. Одновременно с этим меняется угол его наклона к земле. Определить максимальную площадь, которую можно полить этим брандспойтом.

1.100 С какой скоростью v_0 мина должна вылететь из миномёта, чтобы поразить ракету, стартующую в момент выстрела с ускорением a на расстоянии l от миномёта?

1.101 Выстрел из миномёта производится в тот момент, когда самолёт со скоростью v_c пролетает точно над ним. С какой минимальной скоростью v_0 и под каким углом нужно произвести выстрел, чтобы мина попала в самолёт?

1.102 [Б-1.49] Под каким углом α к горизонту должен быть направлен ствол орудия, чтобы поразить цель на высоте H и на расстоянии S от орудия (по горизонтали)? Начальная скорость снаряда v_0 .

1.103 Небольшой камень бросили так, что полное время движения равно $t_{\text{пол}}$. При этом максимальная скорость камня за время полёта оказалась в два раза больше минимальной скорости камня. Найти дальность полёта. Соппротивлением воздуха пренебречь.

1.104 Камень, брошенный под неизвестным углом к горизонту, упал на землю через 2 с. Чему равна дальность полёта камня, если за время полёта его максимальная скорость была вдвое больше минимальной? Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1.105 Камень бросили с некоторой высоты со скоростью v_0 , направленной под углом α к горизонту. Приземлился камень через время τ . Найти модуль перемещения камня от момента бросания до момента приземления.

1.106 [Б-1.52] Тело брошено под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту с начальной скоростью $v_0 = 30 \text{ м/с}$. Определить величину v скорости и угол наклона траектории β по отношению к горизонту через $\tau = 0,5 \text{ с}$ после начала движения.

1.107 [Б-1.54] С берега озера высотой H брошен под углом α к горизонту камень с начальной скоростью v_0 . Через какое время t_0 и на каком расстоянии S от места броска по горизонтали камень упадёт в воду? Какую скорость v_k он будет иметь в момент падения?

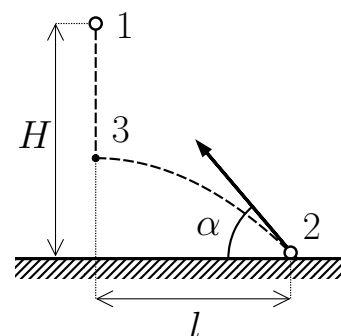
1.108 С обрыва под углом α к горизонту бросили камень со скоростью $v_0 = 6 \text{ м/с}$. Сколько времени камень находился в полете, если его конечная скорость составила 8 м/с и была направлена под углом $90^\circ - \alpha$ к горизонту? Соппротивлением воздуха пренебречь.

1.109 Камень бросили с неизвестной высоты со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Чему равен модуль перемещения, если до места падения он летел время τ ?

1.110 С обрыва бросили камень под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Приземлился он, имея скорость v_k , направленную под углом $90^\circ - \alpha$ к горизонту. Найти время полёта.

1.111* Решить задачу 1.110 векторным методом. Объяснить отличие от ответа, полученного при решении через проекции.

◇ **1.112** [ЕГЭ] Из точки 1 свободно падает тело. Одновременно из точки 2 под некоторым углом α к горизонту бросают другое тело так, что оба тела сталкиваются в воздухе в точке 3 (см. рисунок). Рассчитайте угол, под которым было брошено тело из точки 2, если $H/l = \sqrt{3}$. Сопротивлением воздуха пренебречь.



1.113 [Б-1.55] Тело брошено под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . При этом на тело действует попутный горизонтальный ветер, сообщая ему постоянное ускорение a . Найти время полёта, наибольшую высоту и дальность полёта.

1.114 [М-1.1.15] Человек бросает камень через забор высотой $H = 2,5$ м. На какое максимальное расстояние S он может отойти от забора, если бросок производится с высоты $h = 2$ м от поверхности земли со скоростью $v_0 = 5$ м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

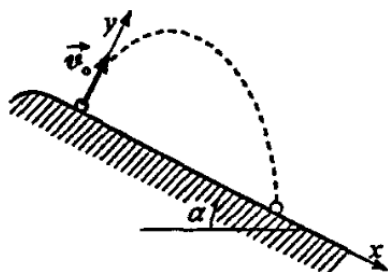
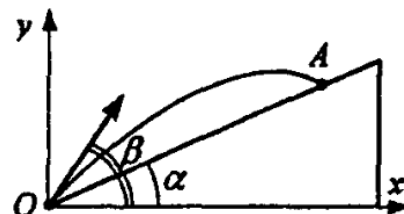
1.115 [М-1.1.17] Снаряд, вылетевший из пушки под углом $\alpha_1 = 15^\circ$ к горизонту, падает на расстоянии $L_1 = 5$ км. Какой будет дальность полёта снаряда L_2 при угле вылета $\alpha_2 = 45^\circ$? Сопротивлением воздуха пренебречь.

1.116 На некоторой планете ускорение свободного падения $\vec{g}$ направлено под углом α к горизонту. Под каким углом к горизонту и с какой начальной скоростью нужно выпустить снаряд для того, чтобы он упал на расстоянии L от орудия, не имея горизонтальной составляющей скорости?

1.117 [М-1.1.19] Пушка делает два выстрела с интервалом $\tau = 10$ с. Каким будет расстояние l между снарядами спустя время $t = \tau$ после второго выстрела? Скорость снаряда при выстреле $v_0 = 300$ м/с, ствол пушки направлен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Ускорение свободного падения принять $g = 9,8$ м/с², силу сопротивления воздуха при движении снаряда не учитывать.

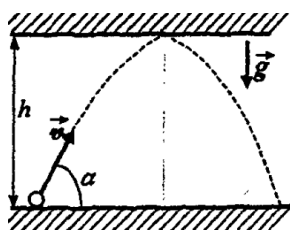
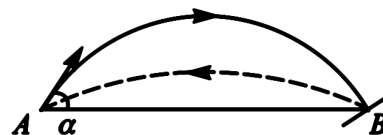
1.118 [м-1.1.22] С вершины холма бросили камень под углом к горизонту со скоростью $v_0 = 10$ м/с. В момент падения камня на склон холма величина угла между направлением скорости камня и горизонтом составила $\beta = 60^\circ$, а разность высот точек бросания и падения $\Delta h = 5$ м. Найти угол α между направлением начальной скорости камня V_0 и горизонтом. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

◇ **1.119** [Б-1.57] Из миномёта ведут обстрел цели, расположенной на склоне горы. На каком расстоянии $l = OA$ от миномёта будут падать мины, если угол наклона горы $\alpha = 30^\circ$, а угол наклона ствола миномёта $\beta = 60^\circ$? Начальная скорость мины v_0 .



◇ **1.120** [Б-1.58] На горе с углом наклона α к горизонту бросают мяч с начальной скоростью v_0 перпендикулярно склону горы. Найти время полёта мяча. На каком расстоянии от точки бросания упадёт мяч?

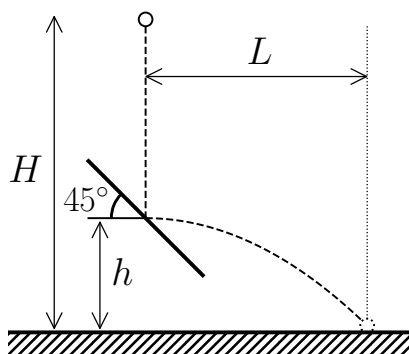
◇ **1.121** [м₂-1.1.7] Шарик, брошенный из точки A под углом α к горизонту, в точке B , лежащей на одной горизонтали с точкой A , ударяется о гладкую площадку, наклонённую к горизонту. После упругого удара шарик возвращается в исходную точку A , затратив на полет в $k = \sqrt{3}$ раз меньшее время. Найти угол α , под которым тело было брошено из точки A .



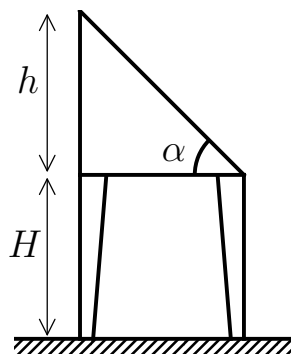
◇ **1.122** [Б-1.50] Какое расстояние по горизонтали пролетит мяч, брошенный со скоростью $v_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту, если он ударится о потолок? Высота потолка $h = 3$ м, удар упругий. Сопротивлением воздуха пренебречь.

1.123 Упругое тело свободно падает на плоскость, наклонённую под углом α к горизонту, пролетев расстояние h . Через какое время произойдёт второе соударение тела с плоскостью? На каком расстоянии друг от друга находятся места первых двух ударов?

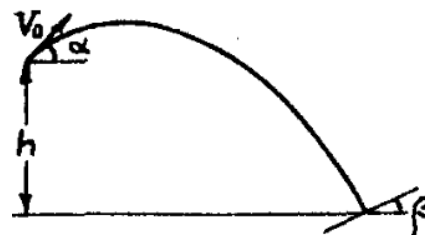
1.124 [Б-1.59] Мяч, брошенный со скоростью $v_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту, ударяется о вертикальную стену, находящуюся на расстоянии $S = 3$ м от места броска. Определить модуль и направление скорости мяча (v и угол β) после удара. Удар считать абсолютно упругим.



К задаче 1.125



К задаче 1.126



К задаче 1.127

◇ **1.125** [м-1.1.18] Тело падает с высоты $H = 2$ м без начальной скорости. На высоте $h = 0,5$ м над землёй тело испытывает абсолютно упругий удар о закреплённую площадку, наклонённую под углом 45° к горизонту (см. рисунок). Найти дальность полёта тела L .

◇ **1.126** [м-1.1.20] Брусok соскальзывает без трения с наклонной плоскости высотой $h = 1$ м и с углом при основании $\alpha = 45^\circ$, а затем свободно падает на пол с высоты $H = 1$ м (см. рисунок). Найти угол β между направлением скорости и вертикалью в момент удара бруска о пол. Сопротивлением воздуха пренебречь.

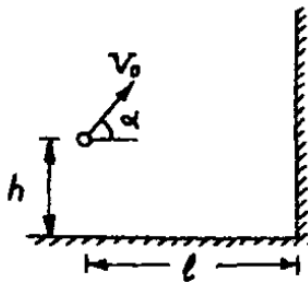
◇ **1.127** [м-1.1.21] Шарик бросают с башни высотой $h = 4,9$ м под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту со скоростью $V_0 = 7$ м/с. При падении на землю шарик упруго ударяется о наклонную плоскость и возвращается в точку бросания по той же траектории. Какой угол β составляет наклонная плоскость с горизонтом? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

1.128 [м-1.1.14] Мяч брошен с поверхности земли под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту с начальной скоростью $v = 10$ м/с в направлении вертикальной стенки, расстояние до которой $l = 7$ м. На какой высоте h мяч ударится о стенку? Сопротивлением воздуха пренебречь.

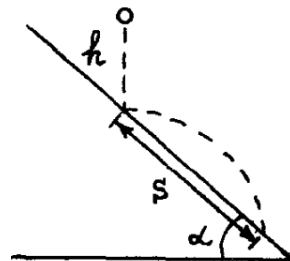
1.129 [б-1.56] Небольшое тело скользит со скоростью $v = 10$ м/с по горизонтальной плоскости, приближаясь к щели. Щель образована двумя отвесными параллельными стенками, находящимися на расстоянии $d = 0,05$ м друг от друга. Глубина щели $H = 1$ м. Сколько раз ударится тело о стенки, прежде чем упадёт на дно? Удар о стенку абсолютно упругий (при ударе модуль скорости не меняется и угол отражения равен углу падения).

1.130 Ступеньки лестницы имеют одинаковую высоту h , но разную длину. Шарик, пущенный горизонтально с верхней ступеньки, упруго ударяется о край каждой следующей ступеньки. Найти длину n -ой ступеньки.

- ◇ 1.131 [М-1.1.23] Мальчик бросает мяч в направлении вертикальной стены так, чтобы мяч, отскочив от стены, упал точно к его ногам. Какова должна быть начальная скорость мяча V_0 , если бросок производится с высоты $h = 1,5$ м под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту? Расстояние от мальчика до стены $l = 6$ м. Удар мяча о стену считать абсолютно упругим, ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².



- ◇ 1.132 [М-1.1.24] Маленький шарик падает с высоты $h = 50$ см на наклонную плоскость, составляющую угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом. Найти расстояние S между точками первого и второго соударений шарика с наклонной плоскостью. Соударения считать абсолютно упругими, сопротивлением воздуха пренебречь.



1.133 Шарик падает с некоторой высоты на наклонную плоскость и упруго отражается от неё. При этом расстояние между точками первого и второго ударами шарика о плоскость равно 10 см. Каково расстояние между точками девятого и десятого ударов шарика о плоскость?

1.134 Маленький шарик, брошенный под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 , ударился о вертикальную стенку, движущуюся ему навстречу с горизонтально направленной скоростью u , и отскочил в точку, из которой был брошен. Определите, через какое время после броска произошло столкновение шарика со стенкой. Удар считать абсолютно упругим.

1.135 Мальчик бросает мяч со скоростью $v_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ в сторону стены, стоя на расстоянии $l = 4$ м от неё. На каком расстоянии от стены должен встать мальчик, чтобы поймать мяч? Удар мяча о стенку считать абсолютно упругим.

1.136 Мяч падает с высоты 2 м на плоскость, наклонённую под углом 30° к горизонту. На каком расстоянии от места падения он второй раз упадёт на плоскость? Столкновение абсолютно упругое.

1.137 Дальность полёта брошенного под углом к горизонту тела равна 10 м. Под каким углом к горизонту с той же начальной скоростью надо бросить тело, чтобы дальность полёта была равна 5 м?

1.138 Начальная скорость брошенного под углом к горизонту тела равна 10 м/с. Через 0,5 с она стала равна 7 м/с. На какую максимальную высоту поднялось тело?

1.139 Тело брошено с земли под углом 60° к горизонту. Через 4 с скорость тела оказалась направленной под углом 30° к горизонту вниз. Найти время полёта тела.

1.140 На какое максимальное расстояние можно бросить мяч в спортивном зале высотой $H_1 = 8$ м, если начальная скорость мяча 20 м/с? Рассмотреть случай $H_2 = 15$ м.

1.141 По горизонтальной поверхности с постоянной скоростью едет тележка, верхняя плоскость которой наклонена к горизонту под углом $\alpha = 15^\circ$. На тележку с высоты $H = 15$ м без начальной скорости падает маленький шарик. При какой скорости тележки шарик после упругого столкновения с тележкой упадёт на неё в ту же точку? Будут ли последующие падения шарика попадать в ту же точку? Высотой тележки пренебречь, скорость тележки в результате падения шарика не меняется.

1.142 Горизонтально летящий мячик абсолютно упруго отражается от наклонной плоскости в точке A . При каких значениях угла наклона плоскости α он опять попадёт в точку A ?

1.143 Шар, скатываясь с лестницы, имел начальную горизонтальную скорость 5 м/с. Высота и ширина каждой ступеньки равны по $0,5$ м. О какую по счету ступеньку шар ударится впервые?

1.144 [Б-1.51] В потолке помещения проделаны две дыры на расстоянии L друг от друга. Мяч находится на расстоянии a от первой дыры по горизонтали. Под каким углом α к горизонту нужно бросить мяч, чтобы он пролетел через обе дыры? Высота потолка h .

1.145 С какой минимальной скоростью необходимо бросить мяч, чтобы он перелетел через дом высотой 25 м и шириной $12,5$ м?

1.146 Под каким наименьшим углом к горизонту надо бросить мяч, чтобы он пролетел через баскетбольное кольцо сверху, не задев его? Радиус мяча r , радиус кольца $R = 2r$, высота кольца над полом 3 м, баскетболист бросает мяч с высоты 2 м, находясь на расстоянии 5 м от кольца по горизонтали.

1.147 Тело брошено с обрыва со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Через какое время направление скорости тела станет перпендикулярным направлению начальной скорости?

1.148 Тело брошено со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Через какое время радиус-вектор тела, проведённый из точки бросания, и вектор его скорости будут перпендикулярны?

1.149* Под каким углом к горизонту необходимо бросить камень, чтобы он все время удалялся от точки бросания?

1.150 Два тела брошены с земли под углами $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 45^\circ$ к горизонту из одной точки. Каково отношение сообщённых им начальных скоростей, если тела упали на землю также в одной точке?

1.151 Тело брошено со скоростью $v_0 = 20$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Найти координаты точек траектории тела, в которых вектор скорости составляет с горизонтом угол $\varphi = 45^\circ$.

1.152 С вершины горы бросают камень под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Определить начальную скорость камня, если он упал на расстоянии 20 м от точки бросания. Угол наклона горы к горизонту $\beta = 30^\circ$.

1.153 Из пушки выпустили последовательно 2 снаряда со скоростью $v_0 = 250$ м/с: первый под углом $\alpha_1 = 60^\circ$, к горизонту, второй под углом $\alpha_2 = 45^\circ$ (азимут один и тот же). Найти интервал времени между выстрелами, при котором снаряды столкнутся друг с другом.

1.154 [Б-1.51] В потолке помещения проделаны две дыры на расстоянии L друг от друга. Мяч находится на расстоянии a от первой дыры по горизонтали. Под каким углом α к горизонту нужно бросить мяч, чтобы он пролетел через обе дыры? Высота потолка h .

1.155 С какой минимальной скоростью необходимо бросить мяч, чтобы он перелетел через дом высотой 25 м и шириной 12,5 м?

1.156 Под каким наименьшим углом к горизонту надо бросить мяч, чтобы он пролетел через баскетбольное кольцо сверху, не задев его? Радиус мяча r , радиус кольца $R = 2r$, высота кольца над полом 3 м, баскетболист бросает мяч с высоты 2 м, находясь на расстоянии 5 м от кольца по горизонтали.

Кинематика вращательного движения

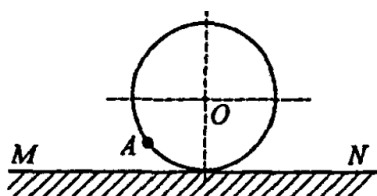
1.157 [Б-1.61] Минутная стрелка в 3 раза длиннее секундной. Найти отношение линейных скоростей концов стрелок.

1.158 [Б-1.62] Линейная скорость точек окружности вращающегося диска равна $v_1 = 3$ м/с, а точек, находящихся на 10 см ближе к оси вращения, $v_2 = 2$ м/с. Сколько оборотов делает диск в минуту?

1.159 [Б-1.63] Найти линейную скорость и ускорение точек на поверхности Земного шара: а) на экваторе; б) на широте 60° ; в) на полюсах.

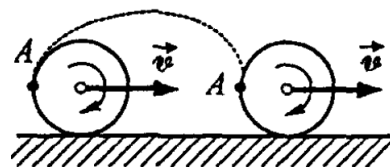
1.160 [Б-1.64] Гладкий диск радиусом R , плоскость которого горизонтальна, вращается вокруг своей оси с частотой $\nu = 40$ об/мин. От поверхности диска на расстоянии $R/2$ от оси отрывается небольшое тело, которое без трения скользит по диску. Через какое время оно соскользнёт с диска?

1.161 [Б-1.65] Диск начинает движение из состояния покоя и вращается равноускоренно. Каким будет угол между векторами скорости и ускорения произвольной точки диска, когда он сделает один оборот?



◇ **1.162** [Б-1.67] Диск радиуса R катится по плоскости без скольжения вдоль прямой MN . Чему равно перемещение точки A за один оборот диска?

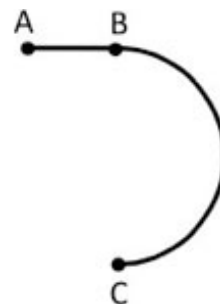
◇ **1.163** [Б-1.69] Колесо радиусом R равномерно катится по горизонтальной поверхности. От точки A колеса отрывается капля грязи. С какой минимальной скоростью v должно двигаться колесо, если капля, побывав в воздухе, снова опустилась на то же самое место колеса?



1.164* [Б-1.70] Автомобиль с колёсами радиусом R движется без проскальзывания по горизонтальной дороге со скоростью v . На какую максимальную высоту над поверхностью земли поднимаются капли грязи, отрывающиеся от колёс?

1.165 Точка движется по окружности радиусом $R = 10$ см с постоянным тангенциальным ускорением a_t . Найти величину нормального ускорения a_n точки через $t = 20$ с после начала движения, если известно, что к концу пятого оборота после начала движения величина линейной скорости точки равна $v = 0,1$ м/с.

◇ **1.166** [ЕГЭ] Стартуя из точки A (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки B , после которой модуль скорости спортсмена остаётся постоянным вплоть до точки C . Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок BC , больше, чем на участок AB , если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория BC — полуокружность.



1.167 [М-1.1.25] Самолёт летит по дуге окружности радиуса $R = 1$ км, сохраняя одну и ту же высоту $h = 1,5$ км. С интервалом времени $\tau = 10,5$ с ($\approx 10\pi/3$ с) с него сбрасывают два мешка. На каком расстоянии S друг от друга упадут на землю эти мешки, если скорость самолёта $V = 100$ м/с? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с², сопротивлением воздуха пренебречь.

1.168 Найти величину углового ускорения ε вращающегося равноускоренно колеса, если известно, что через время $t = 2$ с после начала движения вектор полного ускорения точки, лежащей на ободе, составляет угол $\beta = 60^\circ$ вектором линейной скорости $\vec{v}$.

Относительное движение и сложение скоростей

Одномерное движение

1.169 Самолёт летит из пункта A в пункт B и обратно со скоростью 300 км/ч относительно воздуха. Расстояние между пунктами A и B равно 900 км. Сколько времени затратит самолёт на весь полёт, если вдоль линии полёта непрерывно дует ветер со скоростью 60 км/ч?

1.170 Между двумя пунктами, расположенными на реке на расстоянии 100 км один от другого, курсирует катер, который, двигаясь по течению, проходит это расстояние за 4 часа, а против течения — за 10 часов. Каковы скорость течения реки и скорость катера относительно воды?

1.171 Моторная лодка за полтора часа доставляет почту в посёлок, расположенный ниже по течению реки. Сколько времени займёт обратный путь, если скорость движения лодки относительно воды в 4 раза больше скорости течения?

1.172 За 4 часа моторная лодка проходит против течения расстояние 48 км. За какое время она пройдёт обратный путь, если скорость течения 3 км/ч?

1.173 Стоящий на эскалаторе человек поднимается за 2 мин, а бегущий — за 40 с. За какое время этот человек поднимется по неподвижному эскалатору?

1.174 Эскалатор в метро спускает идущего по нему человека за t_1 . Если человек будет идти в α раз быстрее, то спустится за время t_2 . За какое время t_0 спускается человек, стоящий на эскалаторе?

1.175 [Б-1.40] Расстояние S необходимо проплыть на лодке туда и обратно один раз по реке, скорость течения которой равна u , а другой раз по озеру. Скорость лодки относительно воды оба раза равна v . Решив задачу в общем виде, докажите, что поездка туда и обратно по реке всегда занимает больше времени, чем по озеру.

1.176 [Б-1.39] Рыбак плывёт на лодке вверх по реке. Проезжая под мостом, он уронил в воду соломенную шляпу. Через полчаса он заметил это и, повернув назад, догнал шляпу в 5 км ниже моста. Какова скорость течения реки, если рыбак, двигаясь вверх и вниз по реке, грёб одинаково?

1.177 От буксира, идущего против течения реки, оторвалась лодка. В тот момент, когда на буксире заметили лодку, она находилась от него на достаточно большом расстоянии s_0 . С буксира быстро спустили катер, который доплыл до лодки и возвратился с нею назад. Сколько времени заняла поездка катера и какое расстояние он проплыл в одну и другую сторону, если скорости катера и буксира относительно воды равны соответственно v_1 и v_2 ?

1.178 Из города A выехали с одинаковыми скоростями два автомобиля, второй через 12 мин после первого. Они поочерёдно, с интервалом в 14 мин, обогнали одного и того же велосипедиста. Во сколько раз скорость автомобилей больше скорости велосипедиста?

1.179 $\approx$ [Г-1.8] Группа туристов движется во время похода со скоростью 5 км/ч и растянулась на 400 м. Ведущий группы посылает идущего рядом Геннадия к замыкающему с запиской. Передав записку, Геннадий сразу же возвращается к ведущему. Сколько времени потратил Геннадий на этот манёвр, двигаясь со скоростью 10 км/ч?

1.180 [С-1.1.6] Спортсмены бегут колонной длины l со скоростью v . На встречу бежит тренер со скоростью $u < v$. Каждый спортсмен, поравнявшись с тренером, разворачивается и начинает бежать назад с той же по модулю скоростью. Какова будет длина колонны, когда все спортсмены развернутся?

Двумерное движение

1.181 В безветренную погоду вертолёт двигался со скоростью 90 км/ч точно на юг. Найти скорость и курс вертолёта, если подул юго-западный ветер под углом 45° к меридиану. Скорость ветра 10 м/с.

1.182 В безветренную погоду вертолёт двигался со скоростью v точно на север. Найти скорость и курс вертолёта, если подул юго-западный ветер под углом α к меридиану. Скорость ветра u .

1.183 В безветренную погоду вертолёт двигался со скоростью v точно на восток. Найти скорость и курс вертолёта, если подул юго-восточный ветер под углом α к меридиану. Скорость ветра u .

1.184 В безветренную погоду вертолёт двигался со скоростью v точно на запад. Найти скорость и курс вертолёта, если подул северо-восточный ветер под углом α к меридиану. Скорость ветра u .

1.185 Самолёт, скорость которого относительно воздуха равна 300 км/ч, летит на север. Внезапно подул северо-западный ветер со скоростью 100 км/ч относительно земли. Определите, под каким углом к направлению на север лётчик должен направлять самолёт, чтобы продолжать лететь на север, и чему при этом будет равна скорость самолёта относительно земли.

1.186 Самолёт, скорость которого относительно воздуха равна v , летит на юг. Внезапно подул северо-западный ветер со скоростью u относительно земли. Определите, под каким углом к направлению на север лётчик должен направлять самолёт, чтобы продолжать лететь на юг, и чему при этом будет равна скорость самолёта относительно земли.

1.187 Самолёт, скорость которого относительно воздуха равна v , летит на восток. Внезапно подул юго-восточный ветер со скоростью u относительно земли. Определите, под каким углом к направлению на север лётчик должен направлять самолёт, чтобы продолжать лететь на восток, и чему при этом будет равна скорость самолёта относительно земли.

1.188 Самолёт, скорость которого относительно воздуха равна v , летит на запад. Внезапно подул юго-восточный ветер со скоростью u относительно земли. Определите, под каким углом к направлению на север лётчик должен направлять самолёт, чтобы продолжать лететь на запад, и чему при этом будет равна скорость самолёта относительно земли.

1.189 [ЕГЭ] В безветренную погоду самолёт затрачивает на перелёт между городами 6 часов. Если во время полёта дует боковой ветер перпендикулярно линии полёта, то самолёт затрачивает на перелёт на 9 минут больше. Найдите скорость ветра, если скорость самолёта относительно воздуха постоянна и равна 328 км/ч.

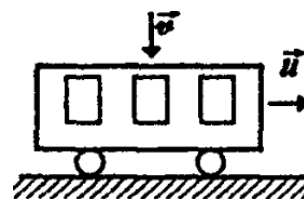
1.190 [М-1.1.13] Пловец переплывает реку шириной L по прямой, перпендикулярной берегу, и возвращается обратно, затратив на весь путь время $t_1 = 4$ мин. Проплывая такое же расстояние L вдоль берега реки и возвращаясь обратно, пловец затрачивает время $t_2 = 5$ мин. Во сколько раз α скорость пловца относительно воды превышает скорость течения реки?

1.191 [Б-1.38а] Скорость течения реки u , скорость катера относительно воды v . Под каким углом к берегу должен двигаться катер, чтобы пересечь реку за минимальное время?

1.192 Скорость, которую лодочник развивает в стоячей воде, равна v . Он переправляется через реку шириной L , скорость течения которой равна u . Лодочник гребёт перпендикулярно берегу. Сколько времени потребуется лодочнику, чтобы пересечь реку? На какое расстояние x снесёт лодку за время переправы? Чему равна скорость лодочника V относительно берега? Под каким углом к берегу направлена скорость V ?

1.193 [Б-1.38б] Скорость течения реки u , скорость катера относительно воды v . Под каким углом к берегу должен двигаться катер, чтобы пересечь реку по кратчайшему пути?

◇ **1.194** [Б-1.37] Капли дождя, падающие вертикально, попадают на стекло окна вагона, движущегося со скоростью $u = 36$ км/ч, и оставляют на нём след под углом 60° к вертикали. Определить скорость падения капель v .



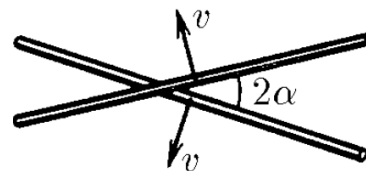
1.195 [Б-1.43] Заднее стекло автомобиля наклонено к горизонту под углом 60° . С какой скоростью должен двигаться автомобиль, чтобы на заднем стекле не оставалось следов от дождевых капель? Скорость падения капель дождя равна 53 км/ч.

1.196 [С-1.4.56] При скорости ветра 10 м/с капли дождя падают под углом 30° к вертикали. При какой скорости ветра капли будут падать под углом 45° ?

1.197 [Б-1.42] Две машины отъехали от перекрёстка по двум взаимно перпендикулярным улицам: одна со скоростью 50 км/ч, вторая — 60 км/ч. С какой относительной скоростью они удаляются друг от друга?

1.198 [Б-1.41] Два корабля идут прямолинейными курсами, расположенными под углом 120° друг к другу: первый со скоростью 60 км/ч, второй — 80 км/ч. Какова скорость первого корабля относительно второго?

◇ **1.199** [С-1.1.12] Два стержня пересекаются под углом 2α и движутся с равными скоростями v перпендикулярно самим себе. Какова скорость точки пересечения стержней?

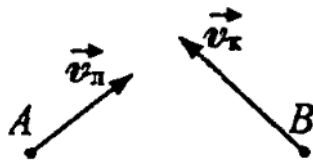


1.200 [М-6.29] Автомобиль, движущийся по горизонтальной дороге, попадает в полосу дождя, капли которого падают на землю вертикально с постоянной скоростью. Известно, что при скорости автомобиля $V_1 = 36$ км/ч на его наклонное лобовое стекло попадает $n_1 = 200$ дождевых капель в секунду, а при скорости $V_2 = 72$ км/ч это число возрастает до $n_2 = 300$ капель в секунду. Сколько капель n_0 будет попадать в лобовое стекло за 1 секунду, если автомобиль остановится?

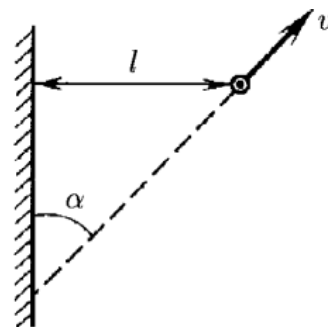
1.201 [Б-1.66] Цилиндр радиусом $R = 20$ см вращается вокруг своей оси с частотой $\nu = 20$ об/мин. Вдоль образующей цилиндра с постоянной скоростью $v = 30$ см/с относительно поверхности цилиндра движется материальная точка. Определить полную скорость и ускорение этой точки.

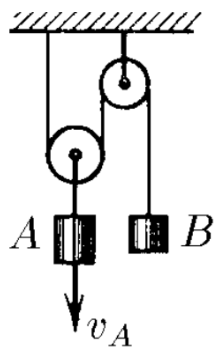
1.202 Атлет толкает ядро с разбега. Считая, что скорость ядра относительно атлета равна скорости разбега, найти угол α , под которым следует выпустить ядро относительно земли, чтобы дальность полёта была максимальной. Рост атлета не учитывать.

◇ **1.203** [Б-1.44] В точках A и B находятся моторная лодка и катер, движущиеся с заданными постоянными скоростями $v_{\text{л}}$ и $v_{\text{к}}$ в направлениях, показанных на рисунке. Определите графически, каким будет наименьшее расстояние между лодкой и катером.

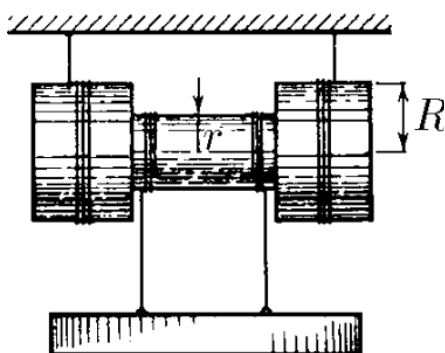


◇ **1.204** [С-1.1.18*] Автомобиль удаляется со скоростью v от длинной стены, двигаясь под углом α к ней. В момент, когда расстояние до стены равно l , шофёр подаёт короткий звуковой сигнал. Какое расстояние пройдёт автомобиль до момента, когда шофёр услышит эхо? Скорость звука в воздухе c .

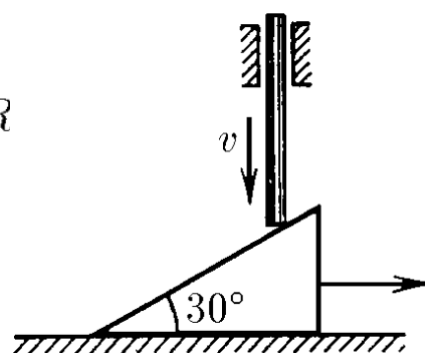




К задаче 1.206



К задаче 1.207



К задаче 1.208

1.205 [с-1.4.5 а] Капли дождя из-за сопротивления воздуха падают с постоянной скоростью v , перпендикулярной поверхности земли. Как необходимо расположить цилиндрическое ведро, находящееся на движущейся со скоростью u платформе, чтобы капли не попадали на его стенки?

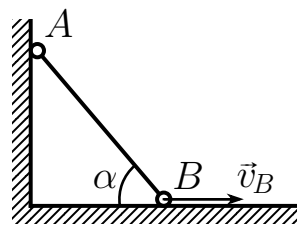
Движение со связями

◇ **1.206** [с-1.5.1] Скорость груза A равна v_A (см. рисунок). Чему равна скорость груза B ?

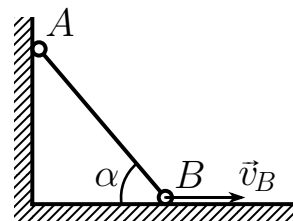
◇ **1.207** [с-1.5.2] Угловая скорость катушки равна ω , радиус внутреннего цилиндра r , а радиус внешних цилиндров R (см. рисунок). Каковы скорости оси катушки и груза относительно земли?

◇ **1.208** [с-1.5.3] Клин, имеющий угол 30° , лежит на горизонтальной плоскости. Вертикальный стержень, опускающийся со скоростью v , заставляет клин скользить по этой плоскости (см. рисунок). Какова скорость клина?

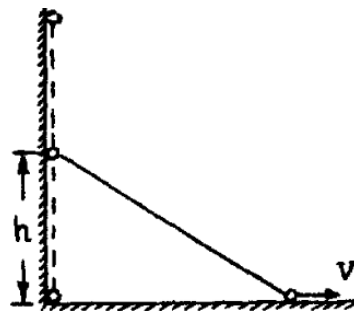
◇ **1.209** Стена и пол образуют прямой угол. В этом углу находится недеформируемый стержень, конец которого B отъезжает от стены с постоянной скоростью v_B . Найти зависимость скорости v_A другого конца стержня от угла α , образованного стержнем и полом для промежутка времени, пока верхний конец стержня не отрывается от стены.



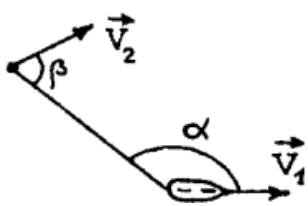
◇ **1.210** Стена и пол образуют прямой угол. В этом углу находится недеформируемый стержень длиной l , конец которого B отъезжает от стены с постоянной скоростью v_B . Найти зависимость скорости v_B другого конца стержня от времени. Считать, что верхний конец стержня не отрывается от стены.



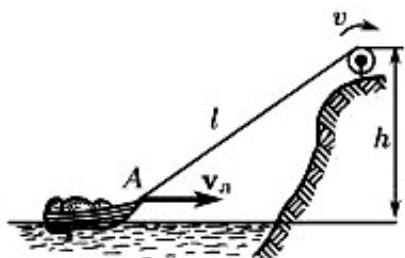
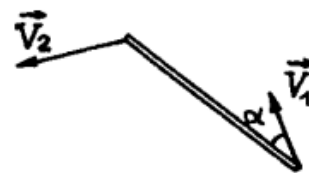
◇ **1.211** [М-1.3.42] Два одинаковых маленьких шарика соединены невесомым жёстким стержнем длиной $l = 60$ см. Стержень стоит вертикально вплотную к вертикальной плоскости. При смещении нижнего шарика вправо на малое расстояние система из шариков приходит в движение в плоскости рисунка. Найти скорость нижнего шарика V в момент времени, когда верхний шарик находится на высоте $h = 40$ см над горизонтальной плоскостью. Считать, что при движении шарики не отрываются от плоскостей, трением пренебречь. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².



◇ **1.212** [М-1.1.28] Катер, движущийся со скоростью $V_1 = 30$ км/ч, буксирует спортсмена на водных лыжах. Трос, за который держится спортсмен, составляет с направлением движения катера угол $\alpha = 150^\circ$. Направление движения спортсмена образует с тросом угол $\beta = 60^\circ$. Чему равна величина скорости спортсмена V_2 в этот момент времени?

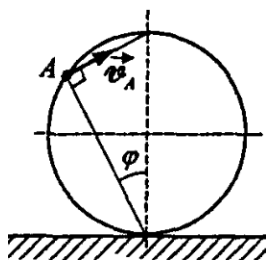
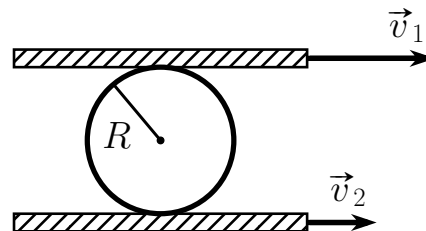


◇ **1.213** [М-1.1.29] Стержень длиной $l = 0,85$ м движется в горизонтальной плоскости. В некоторый момент времени скорости концов стержня равны $V_1 = 1$ м/с и $V_2 = 1,5$ м/с, причём скорость первого из них направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к стержню. Какова угловая скорость ω вращения стержня вокруг его центра?



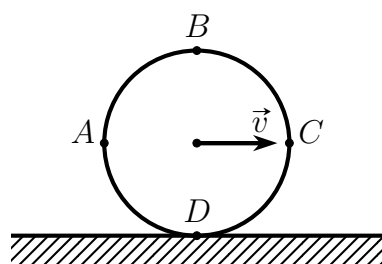
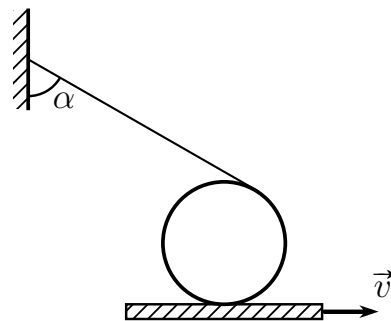
◇ **1.214** Лодка подтягивается к высокому берегу озера при помощи верёвки, которую выбирают с постоянной скоростью v . Найти зависимость скорости лодки v_d от угла, образованного верёвкой с горизонтом.

◇ **1.215** Колесо радиуса R катится без проскальзывания между двумя параллельными рейками, имеющими скорости v_1 и v_2 (см. рисунок). Найти скорость центра колеса v_0 и угловую скорость вращения колеса ω .



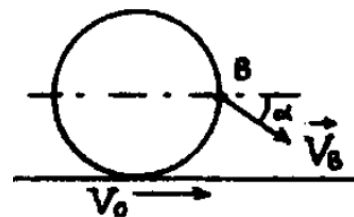
◇ **1.216** [Б-1.68] Колесо радиуса R катится без проскальзывания по гладкому горизонтальному пути. Скорость центра колеса v_0 постоянна. Определить скорость v и ускорение a произвольной точки A колеса, положение которой задано углом φ (см. рисунок).

◇ 1.217* Цилиндр без проскальзывания движется по ленте, имеющей скорость v (см. рисунок). На цилиндр намотана тонкая нерастяжимая нить, конец которой прикреплён к стене. В некоторый момент времени нить составляет со стенкой угол α . Найти скорость центра колеса v_0 в этот момент времени.

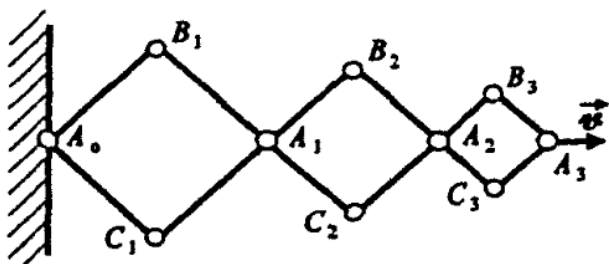


◇ 1.218 Колесо катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности. Скорость центра колеса постоянна и равна v . Найти скорости лежащих на горизонтальном диаметре колеса точек A и O , а также скорости лежащих на вертикальном диаметре колеса точек B и D (см. рисунок).

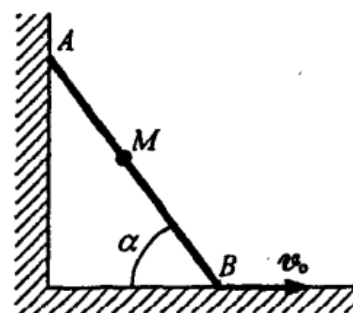
◇ 1.219 [М-1.1.27] Колесо катится без проскальзывания по ленте транспортера, движущейся горизонтально со скоростью $V_0 = 1$ м/с в направлении движения ленты. Известно, что относительно неподвижного наблюдателя скорость $\vec{V}_B$ точки B , находящейся на ободе колеса на его горизонтальном диаметре, составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Найти скорость V центра колеса относительно неподвижного наблюдателя (см. рисунок).



◇ 1.220 [Б-1.72] Шарнирная конструкция состоит из трёх ромбов, стороны которых относятся как $3 : 2 : 1$ (см. рисунок). Вершина A_3 перемещается в горизонтальном направлении со скоростью v . Определить скорости вершин A_1, A_2, B_2 в тот момент, когда все углы конструкции прямые.



◇ 1.221* [Б-1.71] Между двумя стенками, образующими прямой угол, движется без отрыва стержень AB длиной l_0 . Скорость точки B постоянна, равна v_0 и направлена горизонтально. Определите скорость v и ускорение a точки M , расположенной на расстоянии $MB = l$ от точки B , в момент времени, когда угол между горизонтальной стенкой и стержнем составляет α .



2 Динамика

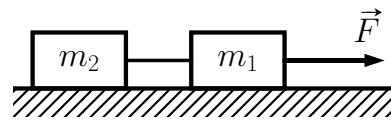
Определения

Инертность. Масса. Сила, равнодействующая сил. Закон Гука. Три закона Ньютона. Трение покоя. Трение скольжения. Вес. Сила тяжести. Закон всемирного тяготения. Гравитационная постоянная. Первая и вторая космическая скорости. Движение по орбите. Невесомость. Перегрузка. Три закона Кеплера.

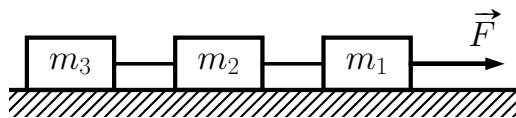
Горизонтальное или вертикальное движение

2.1 На горизонтальном гладком столе покоится брусок массой m . К центрам его противоположных вертикальных граней приложены направленные в противоположные стороны вдоль одной прямой горизонтальные силы F_1 и F_2 . Найти ускорение бруска.

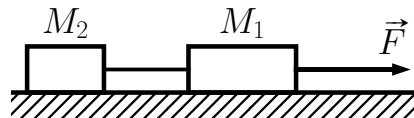
◇ **2.2** [Б-2.3] Два груза массой m_1 и m_2 , связанные между собой с помощью невесомой и нерастяжимой нити, движутся в горизонтальном направлении по гладкому столу под действием силы F , приложенной к первому грузу. Определить ускорение грузов и силу натяжения нити.



◇ **2.3** Три груза с известными массами m_1 , m_2 и m_3 , связанные между собой с помощью двух невесомых и нерастяжимых нитей, движутся в горизонтальном направлении по гладкому столу под действием силы F , приложенной к первому грузу. Определить ускорение грузов.

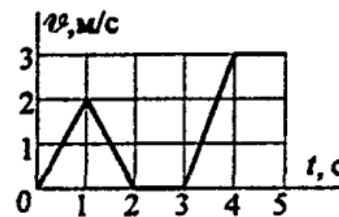


◇ **2.4** [ЕГЭ] Два груза, связанные нерастяжимой и невесомой нитью, движутся по гладкой горизонтальной поверхности под действием постоянной горизонтальной силы F , приложенной к грузу $M_1 = 2$ кг (см. рисунок). Нить обрывается при значении силы натяжения нити 4 Н, при этом модуль силы F равен 12 Н. Чему равна масса второго груза M_2 ?



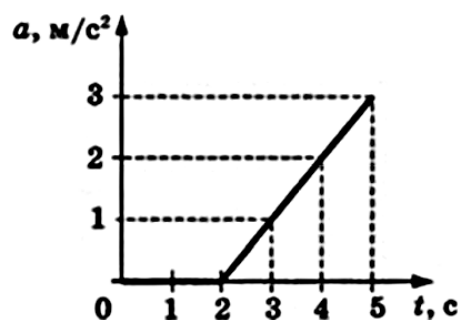
2.5 Тело массой m находится на полу лифта, имеющего ускорение a . Найти вес тела. Рассмотреть два случая.

◇ **2.6** [Б-2.1] На рисунке дан график зависимости скорости тела массой 4 кг от времени для прямолинейного движения. На каком временном интервале модуль силы, действующий на тело, равен 12 Н?



2.7 [М-1.2.1] Воздушный шар опускается с ускорением a , направленным вниз. Какой массы m_1 балласт надо сбросить, чтобы шар начал двигаться с тем же по модулю ускорением, направленным вверх? Начальная масса шара с балластом равна m . Сопротивлением воздуха движению шара пренебречь.

◇ **2.8** [ЕГЭ] К покоящемуся на шероховатой горизонтальной поверхности телу приложена нарастающая с течением времени горизонтальная сила тяги $F = bt$, где b — постоянная величина. На рисунке представлен график зависимости ускорения тела от времени действия силы. Определите коэффициент трения скольжения.



2.9 [С-2.1.2] Шайба, скользящая по льду, остановилась через время $t = 5$ с после удара о клюшку на расстоянии $l = 20$ м от места удара. Масса шайбы $m = 100$ г. Определите действовавшую на шайбу силу трения.

2.10 [Б-2.2] Поезд, подъезжая к станции со скоростью $v = 72$ км/ч, начинает равномерно тормозить. Каково наименьшее время торможения поезда до полной остановки, безопасное для спящих пассажиров (пассажиры не упадут с полок)? Коэффициент трения о полки $k = 0,2$.

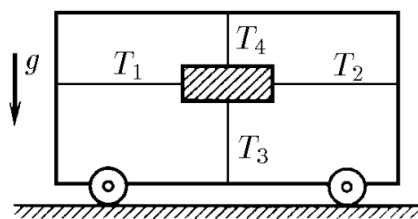
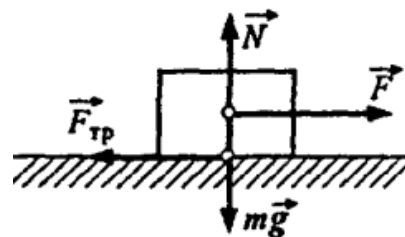
2.11 [Бож-14.25] Снаряд массой m вылетает из пушки со скоростью v . Найти среднюю силу F давления пороховых газов, если внутри ствола снаряд движется равноускоренно в течение времени τ .

2.12 [М-1.2.2] Брусок массой $m = 0,51$ кг, лежащий на горизонтальной плоскости, совершает прямолинейное равноускоренное движение под действием горизонтально направленной силы $F = 5$ Н. Если увеличить массу бруска в $\alpha = 2$ раза, то его ускорение под действием той же силы уменьшится в $\beta = 3$ раза. Пользуясь этими данными, вычислить коэффициент трения μ бруска о плоскость. Считать, что сила трения скольжения не зависит от скорости.

2.13 [М-1.2.3] Автомобиль трогается с места с ускорением $a_1 = 2 \text{ м/с}^2$. При скорости $V = 50 \text{ км/ч}$ ускорение автомобиля стало равным $a_2 = 1 \text{ м/с}^2$. С какой установившейся скоростью V_0 будет двигаться автомобиль, если сила сопротивления пропорциональна скорости? Силу тяги двигателя при движении автомобиля считать постоянной.

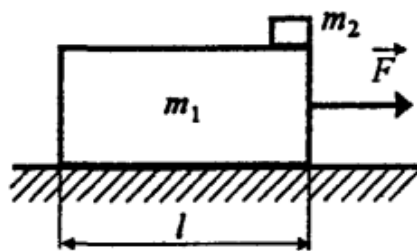
2.14 [Б-2.4] n одинаковых грузов, связанных между собой невесомыми и нерастяжимыми нитями, движутся по гладкому горизонтальному столу под действием силы F , приложенной к первому грузу. Определить силу натяжения нити между k и $k + 1$ грузами ($k < n - 1$).

◇ **2.15** [Б-2.8] На горизонтальной плоскости расположен брусок (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и плоскостью μ . Построить график зависимости силы трения от внешней приложенной силы: $F_{\text{тр}}(F)$.

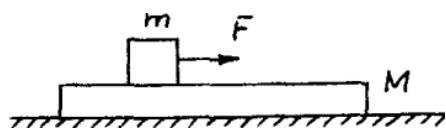


◇ **2.16** [С-2.1.4] Четырьмя натянутыми нитями груз закреплён на тележке. Сила натяжения горизонтальных нитей соответственно T_1 и T_2 , а вертикальных — T_3 и T_4 . С каким ускорением тележка движется по горизонтальной плоскости?

◇ **2.17** [Б-2.11] Брусок массой m_1 лежит на гладкой горизонтальной плоскости, по которой он может двигаться без трения. На бруске лежит тело массой m_2 . Коэффициент трения между телом и бруском равен μ . При каком значении силы F_{min} , приложенной к бруску в горизонтальном направлении, тело начнёт скользить по бруску? Через сколько времени тело упадёт с бруска при действии на него силы F ($F > F_{\text{min}}$)? Длина бруска равна l .

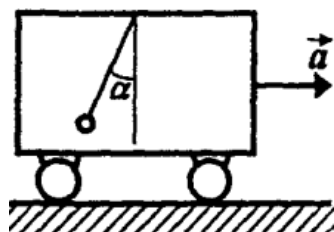


◇ **2.18** [М-1.2.15] Брусок массой $M = 4 \text{ кг}$ находится на гладкой горизонтальной поверхности, по которой он может двигаться без трения. На бруске лежит кубик массой $m = 1 \text{ кг}$, к которому приложена горизонтальная сила F .



При каком минимальном значении F_{min} этой силы кубик начнёт скользить по бруску? Коэффициент трения между кубиком и бруском $\mu = 0,5$.

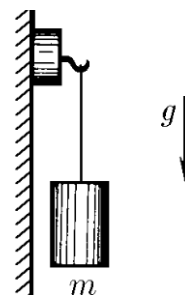
2.19 [Б-2.22] Доска массой M может двигаться без трения по наклонной плоскости с углом наклона α к горизонту. В каком направлении и с каким ускорением должна бежать по доске собака массой m , чтобы доска не соскальзывала с наклонной плоскости?



К задаче 2.23



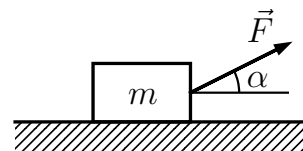
К задаче 2.24



К задаче 2.25

2.20 [Б-2.5] К концу толстого массивного каната постоянного сечения, лежащего на гладкой горизонтальной плоскости, приложена сила F . Нарисуйте график изменения силы натяжения каната по его длине.

◇ **2.21** [Б-2.9] По горизонтальной поверхности скользит тело массой m под действием силы $\vec{F}$, направленной под углом α к горизонту. Коэффициент трения между телом и поверхностью равен μ . Определить силу трения, действующую на тело, и ускорение тела.



2.22 [Б-2.6] Два груза массой $m_1 = 20$ кг и $m_2 = 10$ кг связаны между собой тросом, масса которого равна 10 кг. Грузы движутся ускоренно вверх под действием вертикальной силы F , равной 600 Н и приложенной к верхнему грузу массой m_1 . Найти натяжение в верхнем конце, в середине и нижнем конце троса.

◇ **2.23** [Б-2.7] Вагон движется в горизонтальном направлении с ускорением a . Определить угол отклонения от вертикали маятника, подвешенного к потолку вагона.

◇ **2.24** A girl pulls a loaded sledge with mass $m = 20$ kg on some horizontal snowy pavement. The velocity of the sledge is constant. The coefficient of kinetic friction μ between the runner and the pavement is 0,1 and the angle φ between the cord and the pavement is 30° . Find: The acceleration of the sledge; the magnitude of the tension force by which the girl affects the sledge; the magnitude of the normal force by which the sledge affects the pavement; the magnitude of the friction force that affects the sledge.

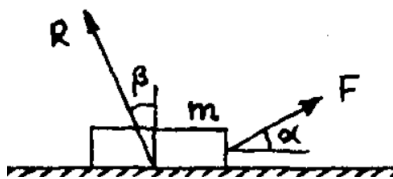
◇ **2.25** [С-2.1.17] Лёгкий магнит с крюком на вертикальной стальной плите остаётся неподвижным, пока подвешенный к нему груз не превосходит по массе m_0 . Чему равна магнитная сила, если коэффициент трения магнита по стали равен μ ? С каким ускорением скользит магнитная подвеска, если масса груза $m > m_0$?

2.26 [ЕГЭ] По горизонтальной дороге мальчик тянет сани массой 30 кг за верёвку, направленную под углом 60° к плоскости дороги, с силой $F = 100$ Н. Коэффициент трения $\mu = 0,12$. Определите ускорение саней. Каков путь, пройденный санями за 5 с, если в начальный момент их скорость была равна нулю?

2.27 [С-2.1.6] Два тела массы m_1 и m_2 связаны нитью, выдерживающей силу натяжения T . К телам приложены силы $F_1 = \alpha t$ и $F_2 = 2\alpha t$, где α — постоянный коэффициент, t — время действия силы. Определите, в какой момент времени нить порвётся.

2.28 [Б-2.12] На горизонтальной плоскости лежит доска массой $M = 2$ кг, на которой помещён груз массой $m = 1$ кг. Горизонтальная сила $F = 20$ Н приложена к грузу. Коэффициент трения между плоскостью и доской $\mu_1 = 0,1$, а между доской и грузом $\mu_2 = 0,5$. Найти ускорения обоих тел и необходимое условие для того, чтобы сдвинуть груз с доски.

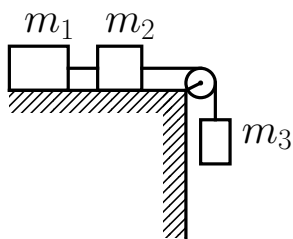
◇ **2.29** [М-1.2.5] К телу массой m приложена сила F , под действием которой тело движется по горизонтальной поверхности равномерно. Определите



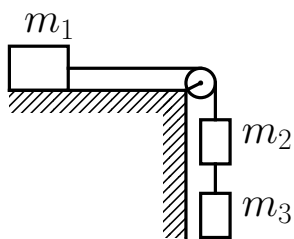
угол β , который составляет с вертикалью равнодействующая R сил, действующих на тело со стороны поверхности, если сила F составляет с горизонталью угол α . Ускорение свободного падения g .

2.30 [М-1.2.13] На материальную точку с массой $m = 1$ кг, которая первоначально покоилась, в момент времени $t = 0$ начинает действовать постоянная по величине сила $F = 1$ Н. До момента времени $t_1 = 5$ с сила сохраняет постоянное направление, а в момент t_1 происходит поворот вектора силы на 90° , после чего направление силы не меняется. На какое расстояние S удалится материальная точка от своего начального положения к моменту времени $t_2 = 2t_1$, если на неё не действуют никакие другие силы?

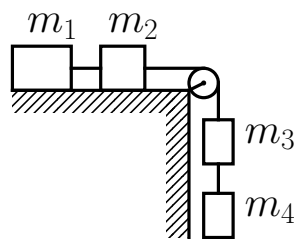
2.31* Какую силу F должен приложить человек массой m , чтобы сдвинуть с места ящик массы M ? Коэффициенты трения о пол человека и ящика равны k . Считать $M > m$.



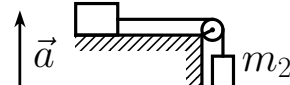
К задаче 2.33



К задаче 2.34



К задаче 2.35



К задаче 2.36

Блоки

2.32 [Б-2.13] Через вращающийся около горизонтальной оси блок перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой привязаны грузы массами m_1 и m_2 ($m_2 > m_1$). Определить ускорение грузов, силу натяжения нити и силу давления блока на ось при движении грузов. Массой блока и трением в оси пренебречь.

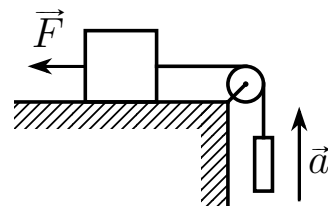
◇ **2.33** Изображённая на рисунке система, состоящая из идеального блока и грузов массами m_1 , m_2 и m_3 , начинает движение из состояния покоя. Найти ускорение грузов. Трением грузов по столу и в блоке пренебречь.

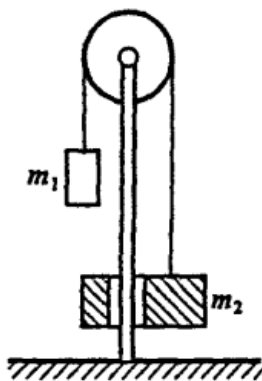
◇ **2.34** Изображённая на рисунке система, состоящая из идеального блока и грузов массами m_1 , m_2 и m_3 , начинает движение из состояния покоя. Найти ускорение грузов. Трением грузов по столу и в блоке пренебречь.

◇ **2.35** Изображённая на рисунке система, состоящая из идеального блока и грузов массами m_1 , m_2 , m_3 и m_4 , начинает движение из состояния покоя. Найти ускорение грузов. Трением грузов по столу и в блоке пренебречь.

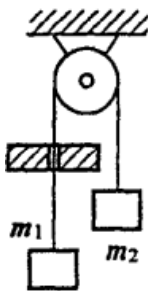
◇ **2.36** Найти силу натяжения нити, если система грузов, изображённая на рисунке, находится в лифте, ускорение которого $\vec{a}$ направлено вверх. Коэффициент трения между грузом m_1 и опорой равен k .

◇ **2.37** [ЕГЭ] Груз массой 1 кг, находящийся на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с другим грузом. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила F , равная по модулю 10 Н (см. рисунок). Вторым груз движется из состояния покоя с ускорением 2 м/с^2 , направленным вверх. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен 0,2. Чему равна масса второго груза?

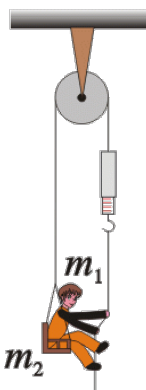




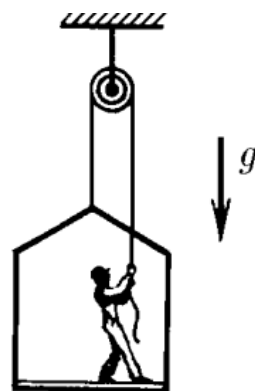
К задаче 2.38



К задаче 2.39



К задаче 2.40



К задаче 2.41

◇ **2.38** [Б-2.15] На штанге укреплен неподвижный невесомый блок, через который перекинута нить с двумя грузами массой $m_1 = 500$ г и $m_2 = 100$ г. В грузе m_2 имеется отверстие, через которое проходит штанга. Сила трения груза m_2 о штангу постоянна и равна $F_{\text{тр}} = 3$ Н. Найти ускорение a грузов и силу натяжения T нити.

◇ **2.39** [Б-2.16] Невесомая нерастяжимая нить, перекинутая через блок с неподвижной осью, пропущена через щель (см. рисунок). При движении нити на неё со стороны щели действует постоянная сила трения F . К концам нити подвешены грузы массой m_1 и m_2 ($m_2 > m_1$). Определить ускорение a грузов и силы натяжения нити T_1 и T_2 .

◇ **2.40** A metal seat with mass $m_2 = 32$ kg hangs from one end of a rope that passes over a frictionless pulley attached to the ceiling (see image). A spring scale hangs from the other end of the rope. A boy with mass $m_1 = 64$ kg sitting on the hung seat is pulling the spring scale which shows the force of 600 N. Find the acceleration of the boy and seat. Does the acceleration point downwards or upwards under given conditions? Find the force that the boy exerts on the seat. Consider both the pulley and the rope to be massless.

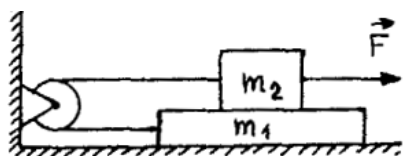
◇ **2.41** [С-2.1.12] Маляр работает в подвесной люльке (см. рисунок). Ему понадобилось срочно подняться вверх. Он принимается тянуть за верёвку с такой силой, что сила его давления на пол люльки уменьшилась до 400 Н. Масса люльки 12 кг, масса маляра 72 кг. Чему равно ускорение люльки?

2.42 Через вращающийся около горизонтальной оси блок перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой привязаны грузы массами m_1 и m_2 ($m_2 > m_1$). За груз массой m_1 тянут вниз так, что он движется с ускорением a . Найти силу давления блока на ось и силу натяжения нити.

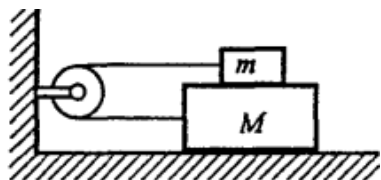
2.43 [Б-2.14] Через невесомый неподвижный блок переброшена невесомая нерастяжимая нить. К концам нити подвешены грузы одинаковой массы M . На один из грузов поставили перегруз массой m . Определить ускорение грузов a , силу натяжения нити T , силу давления P груза m на M , а также силу давления на ось блока R .

2.44 [Б-2.17] Через блок, прикреплённый к потолку кабины лифта, перекинута нить, к концам которой привязаны грузы массой m_1 и m_2 . Кабина начинает подниматься с ускорением a_0 . Пренебрегая массой блока и нити, а также трением, найти ускорение груза m_1 относительно кабины и силу, с которой блок действует на потолок кабины.

◇ **2.45** [М-1.2.14] На горизонтальном столе лежит брусок массой $m_1 = 2$ кг, на котором помещён второй брусок массой $m_2 = 1$ кг. Оба бруска соединены невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через блок, ось которого неподвижна. Какую силу F надо приложить к верхнему бруску в горизонтальном направлении, чтобы он начал двигаться с ускорением $a = 4,9$ м/с²? Коэффициент трения между брусками $\mu = 0,5$. Трением нижнего бруска о стол, трением в блоке и его массой пренебречь.



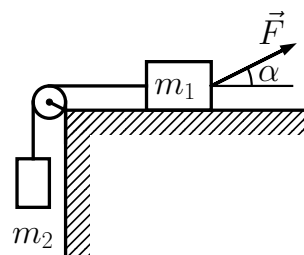
◇ **2.46** [Б-2.18] На гладком горизонтальном столе лежит брусок массой $M = 2$ кг, на нём находится брусок массой $m = 1$ кг. Оба бруска соединены лёгкой нитью, перекинутой через невесомый блок. Какую силу F нужно приложить к

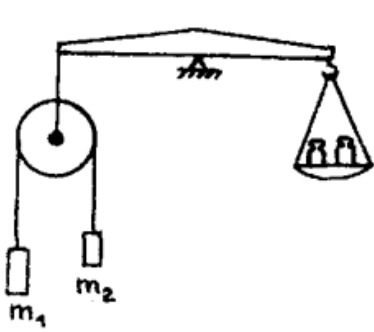


нижнему бруску, чтобы он начал двигаться от блока с постоянным ускорением $a = g/2$? Коэффициент трения между брусками $\mu = 0,5$. Трением между нижним бруском и столом пренебречь.

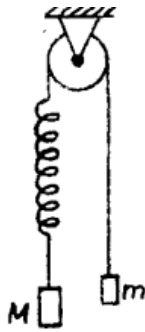
2.47 [М-1.2.17] Два шарика с массами $m_1 = 600$ г и $m_2 = 400$ г подвешены на лёгкой нерастяжимой нити, перекинутой через блок. В начальный момент времени блок заторможен, а расстояние между шариками по вертикали $l = 49$ см, причём более тяжёлый шарик расположен выше. Через какое время τ шарики окажутся на одной горизонтали, если системе позволить двигаться? Блок невесом. Трением пренебречь.

◇ **2.48** [Б-2.19] Определить ускорение тел в системе. Коэффициент трения между телом и плоскостью $\mu = 0,1$. Массой блока и нити пренебречь. Нить нерастяжима. Масса грузов $m_1 = 1,5$ кг, $m_2 = 0,5$ кг. Сила $\vec{F}$ направлена под углом 30° к горизонту, а её модуль равен 10 Н.





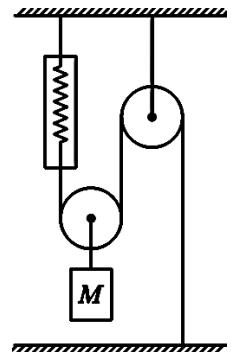
К задаче 2.49



К задаче 2.50



К задаче 2.51



К задаче 2.52

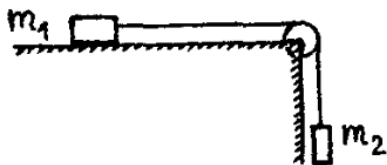
◇ **2.49** [М-1.2.18] На нити, перекинутой через невесомый блок, подвешены два груза массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 50$ г. В заторможенном состоянии (когда грузы неподвижны) блок уравновешен на рычажных весах. На какую величину Δm нужно изменить массу гирь на правой чашке, чтобы при освобождении блока (когда грузы придут в движение) сохранить равновесие весов?

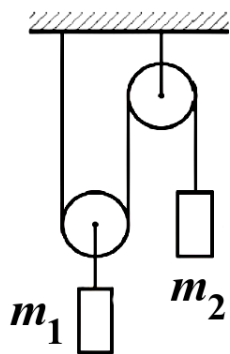
◇ **2.50** [М-1.2.19] К грузику массой $M = 300$ г прикреплен пружина, другой конец которой привязан к нити, перекинутой через блок. На втором конце нити подвешен грузик массой $m = 200$ г. Когда блок заторможен, длина пружины $l = 15$ см. Какую длину l_1 будет иметь пружина, если блок освободить? Считать, что колебания в системе не возникнут, т. е. грузики будут двигаться с постоянным ускорением. Длина недеформированной пружины $l_0 = 10$ см. Массой пружины, нити и блока, а также трением в блоке пренебречь.

◇ **2.51** [М-1.2.20] Два одинаковых груза массой $M = 1$ кг связаны между собой нитью, перекинутой через блок с неподвижной осью. На один из грузов кладут перегрузок массой $m = 0,1$ г. С какой силой F будет давить перегрузок на груз M ? Массой блока и нити, а также трением в оси блока пренебречь, нить считать нерастяжимой. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

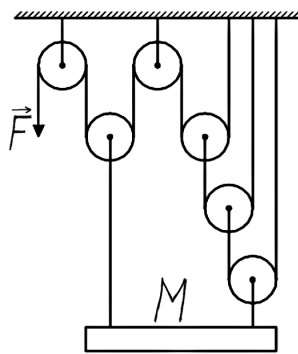
◇ **2.52** Груз массы $M = 600$ г подвешен к подвижному блоку. Система, изображённая на рисунке, находится в состоянии покоя. Что показывает динамометр, прикрепленный как показано на рисунке, одним концом к потолку, а вторым к подвижному блоку? Все нити и блоки невесомы, трением в блоках пренебречь.

◇ **2.53** [М-1.2.21] На горизонтальном столе находится брусок массы $m_1 = 0,1$ кг, к которому привязана нерастяжимая нить. Второй конец нити перекинут через блок и прикреплен к грузу массы $m_2 = 0,2$ кг. Коэффициент трения между бруском и столом $\mu = 0,5$. Пренебрегая массой блока, определить силу F , с которой нить действует на блок.

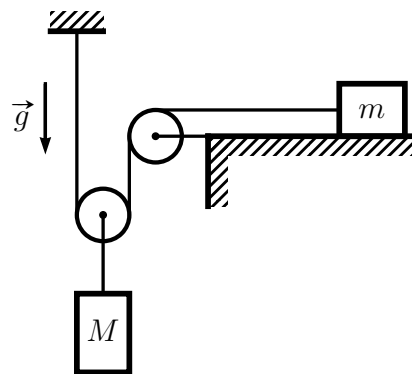




К задаче 2.54



К задаче 2.55

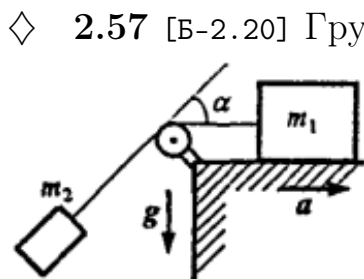


К задаче 2.56

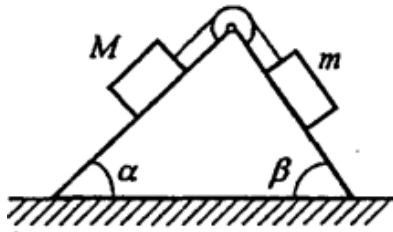
◇ **2.54** Система, состоящая из подвижного и неподвижного блоков и двух грузов, показанная на рисунке, находится в равновесии. Масса левого груза $m_1 = 3$ кг, масса каждого из блоков равна $m = 1$ кг, массой нитей можно пренебречь. Найти массу второго груза m_2 .

◇ **2.55** Для удержания тяжёлого груза используется система из шести блоков и нескольких тросов, прикреплённых к потолку так, как показано на рисунке. С какой силой F надо тянуть вниз за конец троса, свисающего с левого блока, чтобы удерживать груз массой $M = 500$ кг в равновесии? Участки тросов, не лежащие на блоках, вертикальны; весом блоков и тросов, а также трением можно пренебречь. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

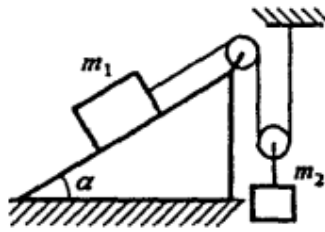
◇ **2.56** [ЕГЭ] В системе, изображённой на рисунке, масса груза, лежащего на шероховатой горизонтальной плоскости, равна $m = 3$ кг. При подвешивании к оси подвижного блока груза массой $M = 2$ кг он движется вниз с ускорением $a = 1$ м/с². Чему равен коэффициент трения μ между грузом массой m и плоскостью? Нити невесомы и нерастяжимы, блоки невесомы, трение в осях блоков и о воздух отсутствует.



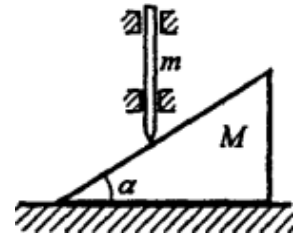
◇ **2.57** [Б-2.20] Груз массой m_1 находится на столе, который движется горизонтально с ускорением a . К грузу присоединена нить, перекинутая через блок. К другому концу нити подвешен второй груз массой m_2 . Найти силу натяжения нити, если коэффициент трения груза массой m_1 о стол равен μ .



К задаче 2.61



К задаче 2.62

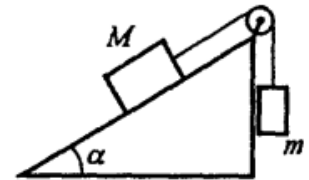


К задаче 2.63

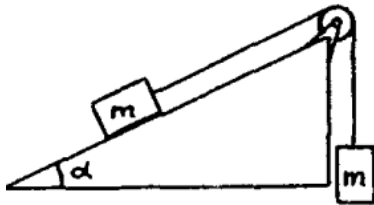
Наклонная плоскость

2.58 [Б-2.21] С плоскости, наклонённой под углом α к горизонту, соскальзывает без трения тело массой m . Найти ускорение тела a и силу давления N на наклонную плоскость.

◇ **2.59** [Б-2.23] Определить модуль ускорения грузов, силу натяжения нити, силу давления груза M на наклонную плоскость. Масса грузов M и m , угол при основании наклонной плоскости α , нити невесомы и нерастяжимы, блок невесом. Трения нет.



◇ **2.60** [М-1.2.22] Два одинаковых бруска массой $m = 0,1$ кг каждый соединены невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через блок, установленный на наклонной плоскости. Плоскость образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Пренебрегая трением в системе, найти силу F , которая действует со стороны нити на блок. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Массой блока пренебречь.



◇ **2.61** [Б-2.26] Определить модуль ускорения грузов, силу натяжения нити и силы давления грузов на наклонные плоскости. Масса грузов M и m , углы при основании плоскости — α и β . Нити невесомы и нерастяжимы, блок невесом. Трения нет.

◇ **2.62** [Б-2.24] Определить ускорение каждого из тел в системе. Нити нерастяжимы. Массой блоков и нитей пренебречь. Трения нет. Масса грузов $m_1 = 0,1$ кг, $m_2 = 0,6$ кг. Угол $\alpha = 30^\circ$.

◇ **2.63** [Б-2.25] Между двумя неподвижными муфтами может без трения перемещаться вниз и вверх стержень, масса которого m . Стержень нижним концом касается гладкой поверхности клина массой M . Клин лежит на гладком горизонтальном столе. Определить ускорения клина и стержня.

2.64 [Б-2.28] Гладкий клин массой M может скользить без трения по горизонтальной плоскости. На его грань, образующую угол α с горизонтом, положили гладкий брусок массой m . Определить ускорение клина a .

2.65 [Б-2.29] На наклонную плоскость, образующую угол α с горизонтом, положили тело массой m . Коэффициент трения между телом и плоскостью равен μ . Исследовать зависимость ускорения тела и силы трения от угла наклона плоскости α .

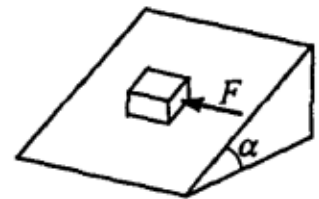
2.66 [Б-2.30] Небольшое тело пустили снизу вверх по наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом. Найдите коэффициент трения между телом и плоскостью, если время подъёма тела оказалось в 2 раза меньше времени спуска.

2.67 [Б-2.31] На какое максимальное расстояние S по плоскости с углом наклона α к горизонту сможет подняться тело, имеющее начальную скорость v_0 ? Определить время подъёма τ_1 и спуска τ_2 тела. Коэффициент трения между плоскостью и телом μ .

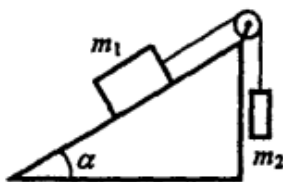
2.68 [С-2.1.22] Через какое время скорость тела, которому сообщили вверх по наклонной плоскости скорость v , снова будет равна v ? Коэффициент трения μ , угол между плоскостью и горизонтом α , $\tan \alpha > \mu$.

2.69 [Б-2.32] С каким максимальным ускорением может двигаться полноприводный автомобиль по склону, если коэффициент трения колёс об асфальт μ , а угол наклона склона α ?

◇ **2.70** [Б-2.34] Небольшой кубик массой m покоится на шероховатой плоскости, наклонённой к горизонту под углом α . Коэффициент трения кубика о плоскость μ ($\mu > \tan \alpha$). Определить минимальную горизонтальную силу F , параллельную наклонной плоскости, с которой нужно толкать кубик, чтобы он начал двигаться.

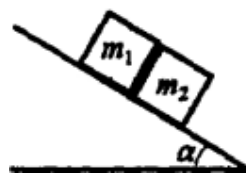


◇ **2.71** [Б-2.35] Определить, при каком соотношении масс грузов m_2/m_1 груз будет покоиться, подниматься вверх и опускаться вниз по наклонной плоскости. Коэффициент трения между грузом m_1 и наклонной плоскостью μ , плоскость составляет с горизонтом угол α .

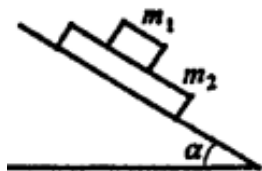


2.72 [Б-2.33] Колесо массой m скатывается с постоянной скоростью с наклонной плоскости. Определить значение и направление силы реакции $\vec{R}$ плоскости.

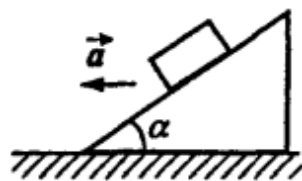
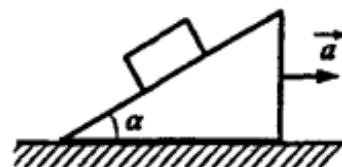
◇ **2.73** [Б-2.36] Два бруска с одинаковой массой $m = 0,2$ кг лежат на плоскости с углом наклона $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения верхнего бруска о плоскость $\mu_1 = 0,01$, нижнего $\mu_2 = 1$. Определить силу взаимодействия брусков при их совместном соскальзывании с наклонной плоскости.



◇ **2.74** [Б-2.37] На плоскость с углом наклона к горизонту $\alpha = 30^\circ$ помещена плоская плита массой $m_2 = 10$ кг, а на неё — брусок массой $m_1 = 5$ кг. Коэффициент трения между бруском и плитой $\mu_1 = 0,15$, а между плитой и плоскостью $\mu_2 = 0,3$. Определить ускорение обоих тел. При каком коэффициенте трения μ_2 плита не будет двигаться?

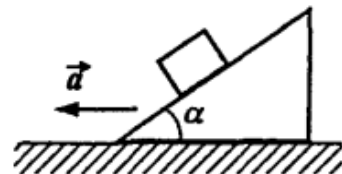


◇ **2.75** [Б-2.38] На плоскости с углом наклона α неподвижно лежит кубик, причём коэффициент трения между кубиком и плоскостью $\mu > \operatorname{tg} \alpha$. Наклонная плоскость движется с ускорением a в горизонтальном направлении. При каком минимальном значении этого ускорения кубик начнёт соскальзывать?



◇ **2.76** [Б-2.39] При каком значении ускорения a груз, лежащий на поверхности клина с углом наклона α , начнёт подниматься по нему? Коэффициент трения между грузом и клином μ .

◇ **2.77** [Б-2.27] Клин с углом наклона α при основании движется в горизонтальном направлении с ускорением a . С каким ускорением a_1 относительно наклонной плоскости будет двигаться груз массой m , помещённый на неё? Трением пренебречь. Найти силу давления N груза на наклонную плоскость.



2.78 Наклонная плоскость с углом при основании 60° движется вертикально вверх с ускорением 2 м/с^2 . Брусок массой 2 кг удерживается силами трения на наклонной плоскости. Определить модуль силы нормального давления бруска на наклонную плоскость.

2.79 [М-1.2.4] Начальный участок трассы скоростного спуска, расположенный вниз по склону горы с углом наклона $\alpha = 45^\circ$ к горизонту, горнолыжник прошёл, не отталкиваясь палками. Какую максимальную скорость $V_{\max}$ мог развить спортсмен на этом участке, если его масса $m = 70$ кг? Коэффициент трения лыж о снег $\mu = 0,1$, сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости: $F = \beta V^2$, где постоянный коэффициент $\beta = 0,9 \text{ кг/м}$.

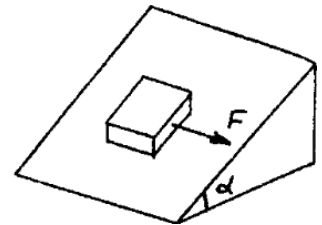
2.80 [м-1.2.6] По наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 15^\circ$ тело движется вниз равномерно. С каким ускорением a будет двигаться это тело, если угол наклона плоскости увеличить до величины $\beta = 30^\circ$? Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

2.81 [м-1.2.7] За какое время τ тело соскользнет с высоты h по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол α , если по плоскости, наклонённой к горизонту по углом β , это тело движется равномерно? Коэффициент трения в обоих случаях один и тот же. Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

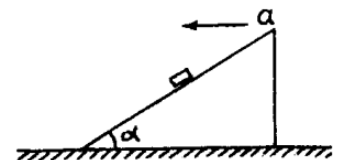
2.82 [м-1.2.8] Санки можно удержать на горке с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ минимальной силой $F = 60 \text{ Н}$, направленной вдоль горки. Предоставленные самим себе, они скатываются с ускорением $a = 3,9 \text{ м/с}^2$. Какую минимальную силу F_1 , направленную вдоль горки, нужно приложить к санкам, чтобы тянуть их в горку с постоянной скоростью? Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

2.83 [м-1.2.9] Брусек массой m находится на наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол α . Определить величину силы R , с которой брусок действует на плоскость, если коэффициент трения между ними μ , а ускорение свободного падения g .

◇ **2.84** [м-1.2.10] Тело массой $m = 1 \text{ кг}$ покоится на шероховатой поверхности, составляющей с горизонтальной плоскостью угол $\alpha = 30^\circ$. С какой минимальной силой F , направленной горизонтально вдоль линии пересечения плоскостей, нужно подействовать на тело, чтобы сдвинуть его с места? Коэффициент трения тела о плоскость $\mu = 0,7$. Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

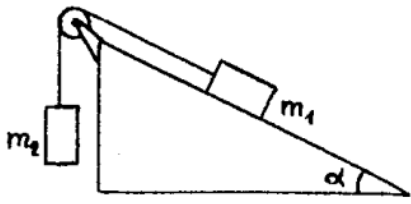


◇ **2.85** [м-1.2.12] Наклонная плоскость, образующая с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, движется с ускорением a , направленным влево, как показано на рисунке. При каких значениях a тело, находящееся на наклонной плоскости, будет скользить вверх вдоль неё? Коэффициент трения между телом и плоскостью $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.



2.86 [с-2.1.21] Ленточный подъёмник образует угол α с горизонтом. С каким максимальным ускорением может подниматься ящик на таком подъёмнике, если коэффициент трения равен μ ? Лента не прогибается.

◇ **2.87** [М-1.2.11] Два тела массами $m_1 = 0,4$ кг и $m_2 = 0,1$ кг соединены невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок. Ось

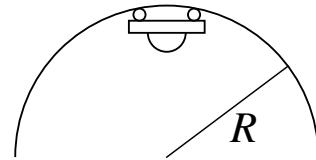
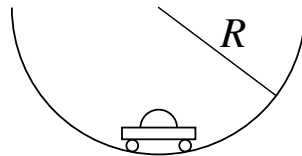
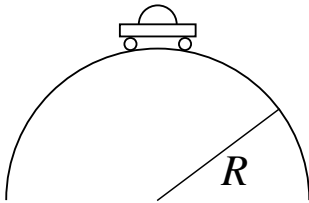


блока укреплена на неподвижной наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. При каком минимальном значении коэффициента трения μ тела m_1 и m_2 будут находиться в покое? Трением в оси блока пренебречь.

2.88 [С-2.1.26*] По деревянным сходам, образующим угол α с горизонтом, втаскивают за привязанную к нему верёвку ящик. Коэффициент трения ящика о сходни μ . Под каким углом к горизонту следует тянуть верёвку, чтобы с наименьшим усилием втащить ящик?

Динамика вращательного движения

◇ **2.89** Автомобиль массой m движется с постоянной по модулю скоростью v по участку дороги, имеющему форму окружности радиуса R (см. рисунок). Найти силу давления автомобиля на дорогу в точке, лежащей на вертикальном диаметре (три случая).

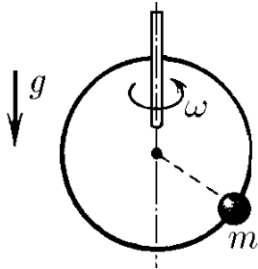
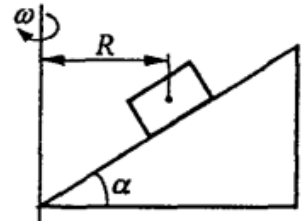


2.90 [Б-2.45] На вращающемся горизонтальном столике на расстоянии $R = 50$ см от оси вращения лежит груз весом $P = 10$ Н. Коэффициент трения между грузом и поверхностью стола $\mu = 0,25$. Какова сила трения, удерживающая груз, если скорость вращения столика $n = 12$ об/мин? При какой угловой скорости $\omega_{\max}$ груз начнёт скользить по столику?

2.91 [Б-2.46] Какова должна быть наименьшая скорость мотоцикла, для того чтобы он мог ехать по внутренней поверхности кругового цилиндра радиусом R по горизонтальной окружности? Коэффициент трения скольжения между шинами мотоцикла и поверхностью цилиндра равен k .

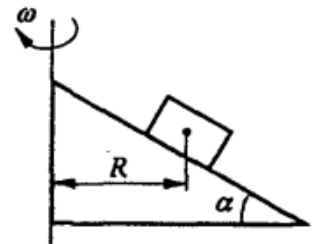
2.92 [Б-2.48] Во сколько раз увеличится максимально допустимая скорость движения велосипедиста по наклонному треку с углом наклона α по сравнению с максимальной скоростью движения по горизонтальному треку при одинаковых радиусах кривизны траектории и коэффициентах трения μ ?

◇ **2.93** [Б-2.47] Плоскость с углом наклона α к горизонту вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси. На наклонной плоскости лежит груз. Определить расстояние R между осью вращения и центром масс груза. Трением пренебречь.



◇ **2.94** [С-2.1.57] На гладкое проволочное кольцо радиуса R , расположенное вертикально, надета маленькая бусинка. Кольцо вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей по диаметру кольца. Где находится бусинка?

◇ **2.95** [Б-2.49] Плоскость с углом наклона α к горизонту вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси. На наклонной плоскости на расстоянии R от оси вращения лежит груз. При каком минимальном коэффициенте трения он не будет скользить по плоскости?



2.96 [Б-2.50] Полусферическая чаша радиусом $R = 1$ м вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью $\omega = 4,4 \text{ с}^{-1}$. В чаше лежит шарик, вращающийся вместе с ней. В каком месте чаши он находится? Место определить углом.

2.97 [Б-2.51] Чаша в форме полусферы радиусом $R = 0,8$ м вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси. Вместе с чашей вращается шарик, лежащий на её внутренней поверхности. Расстояние от шарика до нижней точки чаши равно её радиусу. Определить угловую скорость вращения чаши.

2.98 [Б-2.53] Тело массой $m = 1$ кг вращается в вертикальной плоскости на нити длиной $l = 1$ м. Ось вращения расположена над полом на высоте $H = 2$ м. При прохождении нижнего положения нить обрывается и тело падает на пол на расстоянии $L = 4$ м по горизонтали от точки обрыва. Определить силу натяжения нити в момент её обрыва.

2.99 [Б-2.52] Нить маятника отклонена до горизонтального положения и отпущена. Какова должна быть минимальная прочность нити, чтобы она могла выдержать натяжение при прохождении маятником массой 1 кг положения равновесия?

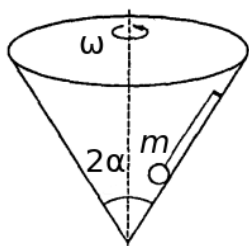
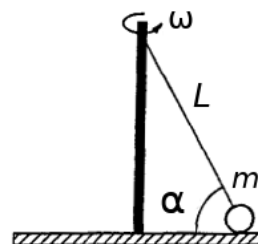
2.100 [Б-2.55] Тело, подвешенное на нити длиной l , вращается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через точку подвеса (конический маятник). Угловая скорость вращения равна ω . Определить угол, который образует нить с осью вращения.

2.101 [Б-2.56] Тяжёлый шарик, подвешенный на нити $l = 1$ м, описывает окружность в горизонтальной плоскости (конический маятник). Найти период обращения шарика, если маятник находится в лифте, движущемся вниз с постоянным ускорением $a = 5 \text{ м/с}^2$. Нить составляет с вертикалью угол $\alpha = 60^\circ$.

2.102 [Б-2.57] Шарик массой m , подвешенный на нити длиной l , приведён во вращательное движение в горизонтальной плоскости. Какова должна быть прочность нити F , чтобы радиус R окружности, по которой движется шарик, стал равным $2l/\sqrt{5}$?

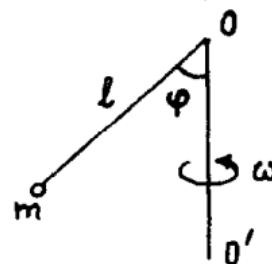
2.103 [Б-2.58] Стержень длиной $l = 1$ м закреплён жёстко под углом $\varphi = 30^\circ$ на вертикальной оси и вращается вместе с осью с угловой скоростью $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$. К нижнему концу стержня прикреплен шарик массой $m = 1$ кг. Найти силу, с которой стержень действует на шарик.

◇ **2.104** [Б-2.59] Круглая платформа вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью ω . На платформе находится шарик массы m , прикрепленный к оси нитью. Угол наклона нити равен α , длина нити равна L . Определить натяжение нити в момент отрыва шарика от платформы.



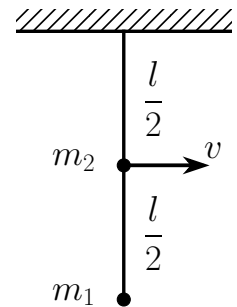
◇ **2.105** [Б-2.60] Конус с углом раствора 2α вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью ω . В конусе находится шарик массы m , прикрепленный с помощью нити к боковой поверхности конуса и вращающийся вместе с ним по окружности радиуса R . Найдите натяжение нити.

◇ **2.106** [М-1.2.31] Металлический стержень, изогнутый под углом $\varphi = 45^\circ$ как показано на рисунке, вращается с угловой скоростью $\omega = 6 \text{ рад/с}$ вокруг вертикальной оси OO' . К концу стержня прикреплен груз массой $m = 0,1$ кг на расстоянии $l = 0,1$ м от точки O . Определить модуль силы F , с которой стержень действует на груз. Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.



2.107 [с-2.1.59] Груз массы m , прикреплённый пружиной жёсткости k к оси, движется вокруг этой оси по окружности радиуса R с угловой скоростью ω . Какова длина недеформированной пружины?

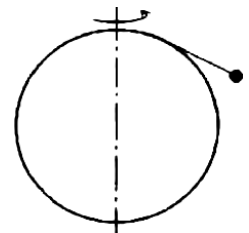
◇ **2.108** [ЕГЭ] Грузики с точечными массами $m_1 = 0,25$ кг и $m_2 = 0,5$ кг прикреплены к невесомому стержню длиной $l = 1$ м (см. рисунок). Стержень может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку его крепления к потолку. Грузик m_2 в нижней точке траектории имеет скорость $v = 2$ м/с. Определите силу, с которой стержень действует на грузик m_1 в этот момент времени.

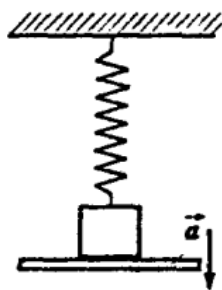


2.109 [Б-2.61] Груз массой m лежит на горизонтальном плоском столе, вращающемся с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, к которой он прикреплён с помощью невесомой пружины жёсткостью k . Длина пружины в недеформированном состоянии равна l_0 . Коэффициент трения между столом и грузом μ . Определить, на каком расстоянии может находиться груз от оси вращения.

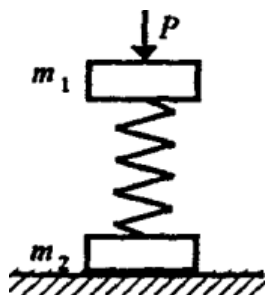
2.110 [м-1.2.23] Маленький шарик массы $m = 100$ г подвешен на длинной нити к потолку вагона, который равномерно движется по криволинейному участку пути со скоростью $V = 72$ км/ч. С какой силой T натянута нить, если радиус закругления участка пути $R = 200$ м?

◇ **2.111*** [ч-1.33] Шар вращается с частотой $\nu = 0,7$ с⁻¹ вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр. К верхней точке шара прикреплена нить с небольшим телом. Длина нити равна четверти длины окружности большого круга шара. С поверхностью шара соприкасается $2/3$ длины нити. Найти радиус шара.

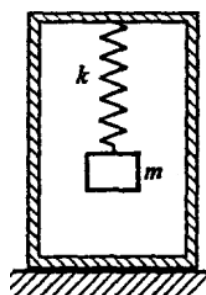




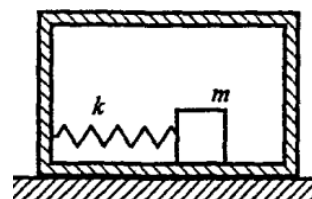
К задаче 2.115



К задаче 2.116



К задаче 2.117



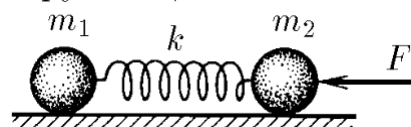
К задаче 2.118

Движение тел под действием сил упругости

2.112 Найти эквивалентную жёсткость двух пружин жёсткостью k_1 и k_2 , соединённых последовательно.

2.113 Найти эквивалентную жёсткость двух пружин жёсткостью k_1 и k_2 , соединённых параллельно.

◇ **2.114** [с-2.1.14] Тела массы m_1 и m_2 соединены пружиной жёсткости k . На тело массы m_2 действует постоянная сила F , направленная вдоль пружины к телу массы m_1 . Найдите, на сколько сжата пружина, если никаких других внешних сил нет, а колебания уже прекратились. Каким будет ускорение тел сразу же после прекращения действия силы F ?



◇ **2.115** [Б-2.41] На подставке лежит тело, подвешенное к потолку с помощью пружины. В начальный момент пружина не деформирована. Подставку начинают опускать вниз с ускорением a . Через какое время тело оторвётся от подставки? Коэффициент жёсткости пружины k , масса тела m .

◇ **2.116** [Б-2.42] Два груза массой m_1 и m_2 , связанные пружиной, стоят на горизонтальном столе. Какую минимальную силу нужно приложить к верхнему грузу, чтобы после снятия её нижний груз оторвался от поверхности стола?

◇ **2.117** [Б-2.43] Коробка массой M стоит на горизонтальном столе. В коробке на пружине с жёсткостью k подвешен груз. При какой амплитуде A колебаний груза m коробка начнёт подпрыгивать на столе?

◇ **2.118** [Б-2.44] Коробка массой M стоит на горизонтальном столе. Коэффициент трения между столом и коробкой равен μ . Внутри коробки лежит груз массой m , который может без трения двигаться по дну коробки. Он прикреплен к стенке коробки пружиной с жёсткостью k . При какой амплитуде колебаний груза коробка начнёт двигаться по столу?

- ◇ **2.119** [М-1.2.16] На гладком столе помещён брусок массой $M = 1$ кг, на котором лежит коробок массой $m = 50$ г. Брусок прикреплен к одному из концов невесомой пружины, другой конец которой заделан в неподвижную стенку. Брусок отводят от положения равновесия перпендикулярно стенке на расстояние Δl и отпускают без начальной скорости. При каком значении Δl коробок начнёт скользить по бруску? Коэффициент трения коробка о брусок $\mu = 0,2$, жёсткость пружины $k = 500$ Н/м. Трением бруска о стол пренебречь.

Закон всемирного тяготения

2.120 Известно, что при свободном падении с пренебрежимо малым сопротивлением воздуха все тела на Земле падают с одинаковым ускорением $\vec{g}$. а) Покажите, из каких законов это следует. б) Объясните физический смысл этого явления. Почему так происходит? Ведь более массивные тела сильнее притягиваются Землёй.

2.121 Какая сила является парной по третьему закону Ньютона к силе тяжести mg , действующей на тело массой m ?

2.122 [С-2.1.52] Ускорение звёзд, входящих в состав двойной звезды, a_1 и a_2 . Какова масса второй звезды, если масса первой m_1 ?

2.123 Вывести формулу для первой космической скорости.

2.124 [Б-2.62] Оцените массу Земли, считая известными следующие данные: гравитационная постоянная $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ Н $\cdot$ м²/кг², радиус Земли $R_3 = 6400$ км.

2.125 Найти вес тела массой m на экваторе и на северном полюсе Земли. Звёздные сутки равны T , радиус Земли R . Землю считать однородным шаром.

2.126 [Б-2.63] На какой высоте над поверхностью Земли (в долях радиуса Земли R_3) ускорение свободного падения составляет 25% от ускорения свободного падения на поверхности Земли?

2.127 [ЕГЭ] Масса Марса составляет 0,1 от массы Земли, диаметр Марса вдвое меньше диаметра Земли. Чему равно отношение периодов обращения искусственных спутников Марса и Земли T_M/T_3 , движущихся по круговым орбитам на небольшой высоте?

2.128 [ч-1.60] Радиус Марса $R_0 = 3400$ км. Спутник Фобос обращается вокруг него по орбите радиуса $R = 9400$ км с периодом $T = 7$ ч 39 мин. Найти по этим данным первую космическую скорость для Марса.

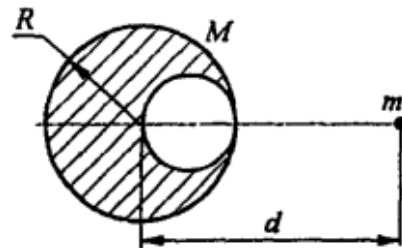
2.129 [Б-2.65] Спутник движется по низкой круговой орбите вокруг Земли ($R_{\text{орб}} \approx R_{\text{З}} \approx 6400$ км). Определить скорость движения спутника (первую космическую скорость) и период обращения.

2.130 [Б-2.66] Спутник движется по орбите, высота которой равна радиусу Земли. Определить скорость движения и период обращения спутника.

2.131 [Б-2.67] Определить радиус круговой орбиты искусственного спутника Земли, который «висел» бы над одной и той же точкой поверхности Земли (период обращения равен периоду обращения Земли вокруг своей оси). Продолжительность суток $T = 86\,164$ с.

2.132 [ЕГЭ] Известно, что один оборот вокруг своей оси Венера совершает примерно за 243 земных суток, а масса Венеры составляет 0,82 от массы Земли. На орбиту какого радиуса надо вывести спутник Венеры, чтобы он всё время «висел» над одной и той же точкой её поверхности? Известно, что спутники Земли, «висящие» над одной и той же точкой поверхности, летают по орбите радиусом $R_{\text{З}} = 42\,000$ км.

◇ **2.133** [Б-2.64] В свинцовом шаре радиусом R и массой M сделана сферическая полость радиусом $R/2$, поверхность которой касается поверхности шара. Определить, с какой силой этот шар будет притягивать маленький шарик массой m , находящийся на расстоянии d от центра свинцового шара на прямой, соединяющей центры шаров и сферической полости (см. рисунок).



2.134 [Б-2.68] Какой должна быть продолжительность суток на Земле, чтобы тела на экваторе были невесомы? Радиус Земли 6400 км.

2.135 [ч-1.31] Максимальная высота подъёма тела, брошенного вертикально вверх с некоторой скоростью на Земле, оказалась равна 10 м. Найти максимальную высоту подъёма тела, брошенного вертикально вверх с той же скоростью на Луне. Радиус и масса Земли больше радиуса и массы Луны в 3,8 и 81 раз соответственно.

2.136 [Б-2.71] Масса двух звёзд равна m_1 и m_2 , расстояние между ними l . Найти период обращения этих звёзд по круговым орбитам вокруг их общего центра масс.

2.137 [м-1.2.24] Две звезды одинаковой массой M движутся по окружности радиусом R , располагаясь на противоположных концах диаметра окружности. Пренебрегая влиянием всех других небесных тел, определить период T обращения звёзд. Гравитационная постоянная G .

2.138 [м-1.2.25] Вокруг планеты, имеющей форму шара радиуса r , по круговой орбите движется спутник. Определить радиус орбиты спутника R , считая известными ускорение свободного падения у поверхности планеты g и период обращения спутника T .

2.139 [м-1.2.26] Спутник движется по круговой орбите, радиус которой составляет n радиусов планеты. Какова плотность вещества планеты ρ , если период обращения спутника T ? Планету считать однородным шаром. Гравитационная постоянная G .

2.140 [м-1.2.27] Вес тела на экваторе составляет $\eta = 97\%$ от веса этого же тела на полюсе. Найти период вращения планеты вокруг своей оси T , если плотность вещества планеты $\rho = 2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, гравитационная постоянная $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$. Планету считать однородным шаром.

2.141 [м-1.2.28] Известно, что сила тяжести, действующая на тело на высоте h над поверхностью планеты на полюсе, равна весу этого же тела на поверхности планеты на экваторе. Найти период T вращения планеты вокруг оси, если радиус планеты R , а ускорение свободного падения у поверхности на полюсе g . Планету считать однородным шаром.

Законь Кеплера

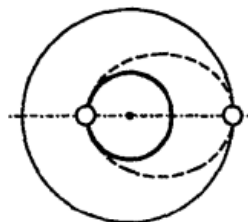
2.142 Вокруг одной звезды вращаются две планеты по круговым орбитам. Известны большие полуоси орбит планет a_1 и a_2 . Найти отношение линейных скоростей этих планет v_1/v_2 .

2.143 Вокруг одной звезды вращаются две планеты по круговым орбитам. Известны периоды обращения планет вокруг звезды T_1 и T_2 . Найти отношение линейных скоростей этих планет v_1/v_2 .

2.144 Сколько времени Земля будет падать на Солнце, если её движение по орбите внезапно прекратится? Большая полуось земной орбиты равна a , масса Солнца равна M .

2.145 [Б-2.69] Определить период обращения спутника по эллиптической орбите, апогей которой (максимальное удаление от центра Земли) равен утроенному радиусу Земли $R_a = 3R_z$, а перигей (минимальное удаление от центра Земли) $R_\pi = R_z$. Найти отношение скоростей в апогее и перигее. Для решения задачи применить законы Кеплера.

◇ **2.146** [Б-2.70] Спутник движется по круговой орбите радиусом $R = 3R_z$, где $R_z = 6400$ км — радиус Земли. В результате кратковременного действия тормозного устройства скорость спутника уменьшилась так, что он начинает двигаться по эллиптической орбите, касающейся поверхности Земли. Через какое время после этого спутник приземлится?



2.147 Тело с поверхности однородной планеты радиусом R и массой M выстреливают под углом α к горизонту с первой космической скоростью для данной планеты. Считайте, что планета лишена атмосферы и не вращается. Найдите:

1. Максимальную высоту подъёма тела над поверхностью планеты.
2. Эксцентриситет орбиты.
3. Дальность полёта (длину дуги на поверхности планеты, соединяющей точки выстрела и падения).
4. Время движения тела.

Известно, что при движении в гравитационном поле по эллипсу с большой полуосью a орбитальная скорость спутника в произвольной точке траектории, удалённой от центра тяготения на расстояние r , имеет следующий вид:

$$v = \sqrt{GM \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

3 Импульс

Определения

Импульс. Импульс силы. Второй закон Ньютона в импульсной форме. Закон сохранения импульса. Условия применимости ЗСИ. Центр масс системы материальных точек. Центр тяжести.

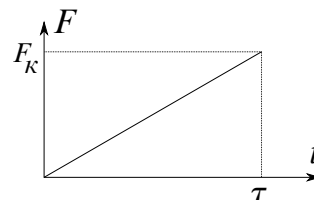
Основное уравнение динамики

3.1 [Б-3.1] Материальная точка массой m движется с постоянной угловой скоростью ω по окружности радиусом R . Определить изменение импульса точки за четверть периода.

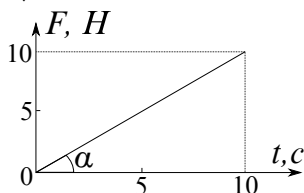
3.2 [Б-3.2] Тело массой m бросили под углом к горизонту с начальной скоростью v_0 . Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти приращение импульса тела за первые τ секунд движения.

3.3 [Б-3.3] Тело, имеющее начальную скорость v_0 , движется прямолинейно по шероховатой горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между телом и поверхностью μ . Через какое время τ тело остановится?

◇ **3.4** [Б-3.4] К телу массой m , движущемуся по гладкой горизонтальной поверхности, приложена по направлению его движения сила, изменяющаяся по линейному закону. Определить конечную скорость тела v_k , если начальная скорость v_0 . Значения параметров F_k и τ на рисунке считать известными.



◇ **3.5** [Б-3.5] Автомобиль массой $m = 2 \cdot 10^3$ кг движется со скоростью $v = 90$ км/ч. В момент времени $t = 0$ на него начинает действовать тормозящая сила F , которая нарастает по линейному закону (см. рисунок). Через какое время автомобиль остановится?



3.6 [Б-3.6] Тело массой 1 кг начинает движение из состояния покоя под действием постоянной силы, равной 10 Н. Каков будет импульс тела, когда оно пройдёт путь, равный 5 м?

3.7 [Б-3.7] Тело массой 1 кг брошено под углом к горизонту. За время полёта его импульс изменился на $p = 10 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Определить наибольшую высоту подъёма тела.

3.8 [Б-3.8] Металлический шарик, падая с высоты $h_1 = 1 \text{ м}$ на стальную плиту, отскакивает от неё на высоту $h_2 = 0,81 \text{ м}$. Во сколько раз уменьшается импульс шарика при ударе?

3.9 [Б-3.9] Две частицы массами m_1 и m_2 двигались со скоростями $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ так, что направление движения второй частицы перпендикулярно к направлению движения первой. В течение некоторого времени на обе частицы действовали одинаковые по модулю и направлению силы. В результате действия этих сил первая частица стала двигаться со скоростью $\vec{u}_1$. Определить модуль скорости второй частицы $|\vec{u}_2| = u_2$ для следующих соотношений масс и скоростей:

- а) $m_1 = m_2 = m$; $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = |\vec{u}_1| = v$; $\vec{u}_1 \perp \vec{v}_1$
- б) $m_1 = m$; $m_2 = 2m$; $|\vec{v}_1| = |\vec{u}_1| = v$; $|\vec{v}_2| = v/2$; $\vec{u}_1 \perp \vec{v}_1$
- в) $m_1 = m$; $m_2 = 2m$; $|\vec{v}_1| = v$; $|\vec{v}_2| = |\vec{u}_1| = 2v$; $\vec{u}_1 = -2\vec{v}_1$

3.10 [Б-3.10] Какова средняя сила давления F на плечо при стрельбе из автомата, если масса пули $m = 10 \text{ г}$, а скорость пули при вылете из канала ствола $v = 300 \text{ м/с}$? Автомат делает $n = 300$ выстрелов в минуту.

3.11 [Б-3.11] Для проведения огневых испытаний жидкостной ракетный двигатель закрепили на стенде. С какой силой он действует на стенд, если скорость истечения продуктов сгорания из сопла v , а расход топлива за τ секунд составил $m \text{ кг}$?

3.12 [Б-3.13] Тело массой m , имеющее начальную скорость v_0 , попадает в вязкую среду, сила сопротивления движению тела которой пропорциональна его скорости: $F = \alpha v$, где α — известный коэффициент. Определить путь, пройденный телом до остановки.

3.13 [Б-3.14] Водомётный катер движется с постоянной скоростью, забирая забортную воду и выбрасывая назад струю со скоростью $u = 20 \text{ м/с}$ относительно катера. Площадь поперечного сечения струи $S = 0,01 \text{ м}^2$. Найдите скорость катера, если действующая на него сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости: $F = kv^2$, причём $k = 7,5 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$.

3.14 [Б-3.15] Один конец каната удерживают на высоте h от земли, второй его конец касается земли. В момент времени $t = 0$ канат отпускают и он начинает свободно падать на землю. Получите аналитическую зависимость силы, с которой канат будет давить на землю, от времени. Масса единицы длины каната равна ρ .

3.15 [Б-3.16] Два шарика, изготовленные из одного и того же материала, падают в облаке пыли. Во сколько раз отличаются установившиеся скорости падения шариков, если диаметр одного из них вдвое больше диаметра другого? Пыль не прилипает к шарикам, а масса их в процессе движения не изменяется.

3.16 [Б-3.17] На поверхности воды находится в покое лодка. Человек, находящийся в ней, переходит с кормы на нос. Как будет двигаться лодка, если сила сопротивления движению пропорциональна скорости лодки?

3.17 [Бож-22.24] Шарик массой $m = 25$ г налетает на стену со скоростью $v = 20$ м/с. Рассчитать изменение импульса Δp и среднюю силу $F_{\text{ср}}$, действующую на шарик за время соударения со стороны стены, для трёх случаев: а) лобовой абсолютно упругий удар; б) лобовой абсолютно неупругий удар; в) абсолютно упругий удар; скорость перед ударом направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к стене. Принять время соударения $\tau = 0,01$ с во всех случаях.

Закон сохранения импульса

3.18 [Б-3.18] Пуля массой $m = 9$ г попадает в неподвижный брусок, покоящийся на гладкой горизонтальной поверхности. Масса бруска $M = 9$ кг, скорость пули $v_0 = 500$ м/с направлена горизонтально. Пуля застревает в бруске. Определить скорость движения бруска после попадания в него пули.

3.19 [Б-3.19] Пуля массой $m = 12$ г, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 700$ м/с, попадает в брусок, лежащий на гладком полу, и пробивает его насквозь. Масса бруска $M = 5$ кг, скорость пули после вылета $v = 280$ м/с. Определить скорость движения бруска.

3.20 [Б-3.20] На тележку массой $M = 20$ кг, движущуюся со скоростью 6 км/ч, сверху с высоты 2 м свободно падает груз массой $m = 1$ кг. Определить скорость тележки после падения груза.

3.21 Тележка массой M с лежащим на ней грузом массой m движется по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью v . После открытия люка груз выпадает из люка тележки. Найти установившуюся скорость тележки.

3.22 Два пластилиновых шарика массами m_1 и m_2 движутся по горизонтальной поверхности друг другу навстречу вдоль одной прямой со скоростями v_1 и v_2 соответственно. Определить скорость $\vec{u}$ и направление движения шариков после абсолютно неупругого соударения. Трением о поверхность пренебречь.

3.23 Папа, обучая девочку кататься на коньках, скользит с ней по льду со скоростью 4 м/с. В некоторый момент он аккуратно толкает девочку в направлении движения. Скорость девочки при этом возрастает до 6 м/с. Масса девочки 20 кг, а папы 80 кг. Какова скорость папы после толчка? Трение коньков о лед не учитывайте.

3.24 [Б-3.21] Конькобежец массой $M = 60$ кг, стоящий на льду, бросает под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту снежок массой $m = 250$ г. Определить скорость конькобежца после броска, если скорость снежка $v_0 = 30$ м/с.

3.25 Снаряд массой $m = 1$ кг вылетает из незакреплённого орудия массой $M = 10^3$ кг, стоящего на гладкой горизонтальной поверхности. Сразу после вылета из ствола орудия скорость снаряда $v_0 = 1000$ м/с направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Найти скорость отката орудия.

3.26 По гладкой горизонтальной поверхности движется тележка с песком общей массой $M = 500$ кг со скоростью $v_1 = 5$ м/с. В неё попадает снаряд массой $m = 1$ кг и застревает в ней. Перед попаданием снаряд двигался сверху вниз навстречу тележке со скоростью $v_2 = 1000$ м/с, направленной под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Найти установившуюся скорость тележки со снарядом u .

3.27 [Б-3.23] Снаряд, который летел в горизонтальном направлении со скоростью v , разрывается на два осколка массами m_1 и m_2 . Скорость первого осколка равна v_1 и направлена вертикально вверх. Определить модуль и направление скорости второго осколка.

3.28 Снаряд, запущенный со скоростью v_0 вертикально вверх, разорвался на три осколка в верхней точке своей траектории. Осколок массой m_1 приобрёл скорость v_1 , направленную горизонтально. Осколок массой m_2 приобрёл скорость v_2 , направленную вертикально вверх. Какую скорость приобрёл осколок массой m_3 ? Под каким углом α к горизонту полетел этот осколок?

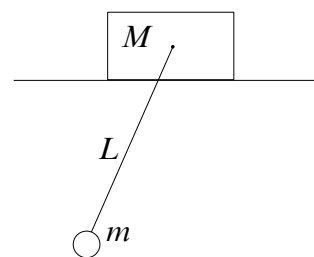
3.29 [ЕГЭ] Снаряд, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Первый осколок летит под углом 90° к первоначальному направлению, а второй — под углом 60° . Какова масса снаряда до разрыва, если второй осколок массой 1 кг имеет скорость 400 м/с?

3.30 [ч-1.12] Неподвижный снаряд разорвался на четыре осколка. Осколки массами $m_1 = 3$ кг, $m_2 = 2$ кг, $m_3 = 4$ кг полетели соответственно со скоростями $v_1 = 200$ м/с вертикально вверх, $v_2 = 150$ м/с горизонтально на север и $v_3 = 100$ м/с горизонтально на восток. Под каким углом к горизонту полетел четвёртый осколок?

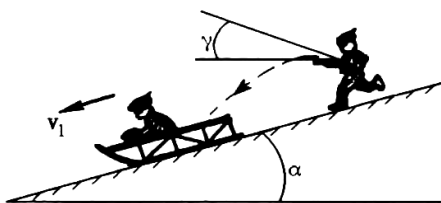
3.31 Доска массы m_1 скользит по поверхности льда со скоростью v_1 . На доску с берега прыгает человек массы m_2 . Скорость человека перпендикулярна скорости доски и равна v_2 . Найти скорость доски с человеком и угол между установившимся направлением движения и первоначальным направлением движения доски. Трением между доской и льдом пренебречь.

3.32 К стене прикреплён шланг с насадкой, изогнутой под прямым углом. Из шланга вытекает вода со скоростью $v = 10$ м/с. Найдите горизонтальную составляющую силы, с которой шланг давит на стену. Площадь сечения шланга $S = 10$ см².

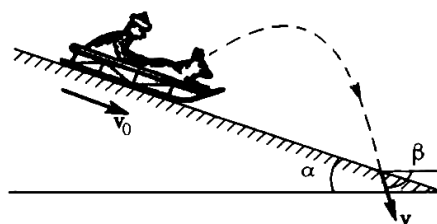
◇ **3.33** [Б-3.22] На гладкой горизонтальной плоскости лежит брусок массой $M = 1$ кг. К бруску привязана нить длиной $L = 1$ м, на конце которой закреплён шарик массой $m = 1$ кг. В начальный момент нить была отклонена на некоторый угол и отпущена без начальной скорости. Найдите скорость бруска в момент, когда нить проходит через вертикальное положение, зная, что её угловая скорость в этот момент равна $\omega = 1$ рад/с.



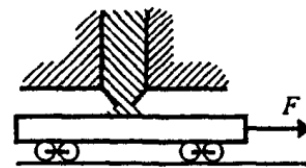
◇ **3.34** [ч-1.2] Мальчик массой m съезжает на санках массой M с постоянной скоростью v_1 (см. рисунок) с горы, имеющей уклон α ($\cos \alpha = 8/9$). Другой мальчик такой же массы m бежит за санками и запрыгивает в них, имея в начале прыжка скорость, направленную под углом γ ($\cos \gamma = 7/9$) к горизонту. В результате этого санки с мальчиками движутся по горе со скоростью v_2 . Найти скорость прыгнувшего мальчика в начале прыжка.



◇ **3.35** [ч-1.1] сани с седоком и собакой общей массой m съезжают с постоянной скоростью v_0 с горы (см. рисунок), имеющей уклон α ($\cos \alpha = 6/7$). собака массой t спрыгивает с саней по ходу их движения и приземляется, имея скорость v , направленную под углом β ($\cos \beta = 3/7$) к горизонту. сани после этого продолжают двигаться по горе вниз. найти скорость саней с седоком после прыжка собаки.



◇ **3.36*** [Б-3.12] Платформа массой M начинает двигаться вправо под действием постоянной силы F . Из неподвижного бункера на неё высыпается песок. Скорость погрузки постоянна и равна μ кг/с. Пренебрегая трением, найти зависимость от времени ускорения a платформы в процессе погрузки. Определить ускорение a_1 платформы в случае, если песок не насыпается на платформу, а из наполненной высыпается через отверстие в её дне с постоянной скоростью μ кг/с.

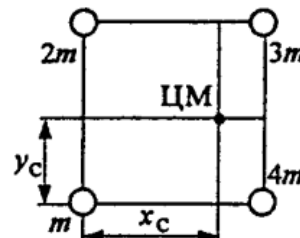


3.37* Ствол незакреплённого орудия массой M , стоящего на гладкой горизонтальной поверхности, наклонён к горизонту на угол α . На каком расстоянии S от места выстрела упадёт снаряд массой m , если скорость отката орудия равна u ?

Движение центра масс системы

3.38 [Б-3.24] Десять шариков, массы которых соответственно равны 1 г, 2 г, ..., 10 г, укреплены на невесомом стержне длиной 90 см так, что расстояние между центрами двух соседних шариков равно 10 см. Найти положение центра масс системы.

◇ **3.39** [Б-3.25] Определите положение центра масс проволочного квадрата со сторонами a , в вершинах которого закреплены шарики массами m , $2m$, $3m$ и $4m$.



3.40 [Б-3.26] Две частицы массами m_1 и m_2 движутся со скоростями $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ так, что направление движения второй частицы перпендикулярно к направлению движения первой. Определите скорость v_c центра масс системы, состоящей из этих двух частиц, для следующих соотношений масс и скоростей:

а) $m_1 = m_2 = m$; $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$

б) $m_1 = m$; $m_2 = 2m$; $|\vec{v}_1| = v$; $|\vec{v}_2| = v/2$

в) $m_1 = m$; $m_2 = 2m$; $|\vec{v}_1| = v$; $|\vec{v}_2| = 2v$

Значения v считать известными.

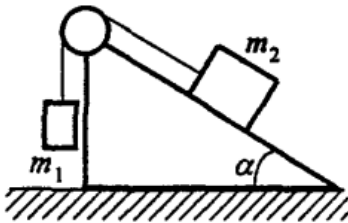
3.41 [Б-3.27] Человек, находящийся в лодке, переходит с носа на корму. На какое расстояние S переместится лодка длиной L , если масса человека m , а масса лодки M ? Сопротивлением воды пренебречь.

3.42 [Б-3.28] На дне маленькой запаянной пробирки, подвешенной над столом на нити, сидит муха, масса которой равна массе пробирки, а расстояние от дна до поверхности стола равно длине пробирки l . Нить пережигают, и за время падения пробирки муха перелетает со дна в верхний конец пробирки. Определить время, за которое пробирка достигнет стола.

3.43 [Б-3.29] Два шарика, имеющих одинаковые массы и заряды и находящихся на одной вертикали на высотах h_1 и h_2 , бросили одновременно в одну сторону в горизонтальном направлении с одинаковыми скоростями v_0 . Первый шарик коснулся земли на расстоянии l от вертикали бросания. На какой высоте h в этот момент будет второй шарик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

3.44 [Б-3.30] На нити, перекинутой через блок, подвешены два груза неравной массы ($m_2 > m_1$). Определить ускорение центра масс этой системы. Массой блока и нити пренебречь.

◇ **3.45** Клин с углом при основании α может без трения перемещаться по гладкой горизонтальной поверхности. При каком соотношении масс m_1 и m_2



грузов, связанных нитью, перекинутой через блок, клин будет неподвижен и при каком соотношении масс клин начнёт перемещаться вправо или влево? Коэффициент трения между грузом массой m_2 и клином равен k .

4 Работа, энергия, мощность

Определения

Энергия. Кинетическая и потенциальная энергия. Потенциальная энергия вблизи поверхности Земли. Потенциальная энергия упруго деформированного тела. Работа силы. Мощность. КПД.

Задачи

4.1 [Б-4.1] Ящик массой 100 кг тянут с помощью верёвки, наклонённой под углом $\alpha = 80^\circ$ к горизонту. Коэффициент трения между ящиком и полом $\mu = 0,5$. Какую наименьшую работу нужно совершить, чтобы передвинуть ящик на расстояние $S = 100$ м по прямой?

4.2 [Б-4.2] Тело массой 1 кг движется прямолинейно из состояния покоя под действием постоянной силы. Какую работу должна совершить эта сила, чтобы скорость тела стала равной 10 м/с?

4.3 [М-1.3.11] Два одинаковых груза нужно поднять на крышу дома. Один рабочий решил поднимать груз на верёвке равномерно вертикально вверх, второй — тянуть груз равномерно вверх по трапу, угол наклона которого к горизонту $\alpha = 60^\circ$, а коэффициент трения между грузом и трапом $\mu = 0,05$. Во сколько раз β отличаются работы, совершённые при подъёме грузов на крышу обоими рабочими?

4.4 [М-1.3.21] Человек массой $M = 70$ кг, неподвижно стоявший на коньках, бросил вперёд в горизонтальном направлении снежный ком массой $m = 3,5$ кг. Какую работу A совершил человек при броске, если после броска он откатился назад на расстояние $S = 0,2$ м? Коэффициент трения коньков о лёд $\mu = 0,01$. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

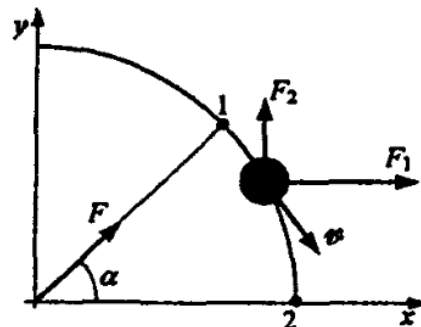
4.5 [Б-4.3] Во сколько раз возрастает импульс тела при увеличении его кинетической энергии в два раза?

4.6 [Б-4.4] Гибкий однородный канат длиной l лежит на гладком горизонтальном столе. В некоторый момент от небольшого толчка канат начал двигаться, непрерывно соскальзывая со стола. Какова будет скорость каната к моменту сползания со стола?

4.7 [Б-4.5] Верёвка длиной $l = 20$ м переброшена через блок. В начальный момент времени верёвка висит симметрично и покоится, а затем в результате незначительного толчка начинает двигаться по блоку. Будет ли движение верёвки равноускоренным? Какова будет скорость верёвки, когда она сойдёт с блока? Массой блока пренебречь, радиус блока считать малым.

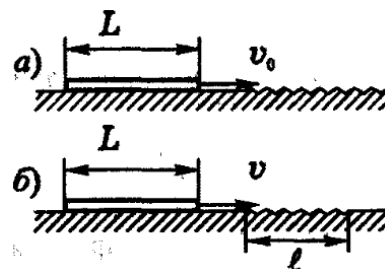
4.8 [Б-4.6] Нить с подвешенным грузом отклонили на угол α и отпустили. На какой угол β отклонится нить с грузом, если при своём движении она будет задержана штифтом, поставленным вертикально, по середине длины нити?

◇ **4.9 [Б-4.7]** Небольшая муфта массой $m = 0,2$ кг движется в горизонтальной плоскости по гладкому проводу, изогнутому в виде дуги окружности радиуса $R = 1$ м. В точке 1, где скорость муфты $v_0 = 10$ м/с, на неё начали действовать две постоянные горизонтальные силы $F_1 = 30$ Н, направленная вдоль оси OX , и F_2 , направленная вдоль оси OY . Определите скорость муфты в точке 2, если $\alpha = \pi/4$.



4.10 [Б-4.8] Телу, находившемуся на горизонтальной поверхности, сообщили скорость v_0 . Какое расстояние пройдёт тело до полной остановки, если коэффициент трения тела о поверхность равен μ ?

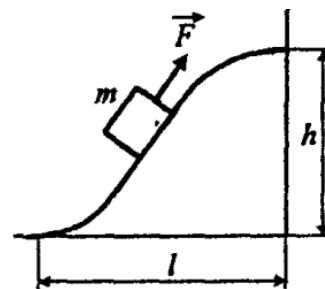
◇ **4.11** Доска длиной L движется с постоянной скоростью по гладкой горизонтальной поверхности. Какую минимальную скорость v_0 нужно сообщить доске, чтобы она смогла полностью въехать на длинный участок шероховатой поверхности (рис. а)? Какой скоростью v должна обладать доска, чтобы преодолеть шероховатый участок длиной l (рис. б)? Коэффициент трения между доской и поверхностью на шероховатом участке μ .



4.12 [Б-4.9] Тело скользит по наклонной плоскости с высоты h . Плоскость наклонена под углом α к горизонту. Коэффициент трения между телом и плоскостью равен μ . Определить скорость тела в конце плоскости.

4.13 [Б-4.10] Конькобежец, разогнавшись до скорости v_0 , въезжает на ледяную гору. На какую высоту от начального уровня въедет конькобежец, если склон горы составляет угол α с горизонтом и коэффициент трения коньков о лёд равен μ ?

◇ **4.14** [Б-4.11] Небольшое тело массой m медленно втащили на горку, действуя силой F , которая в каждой точке направлена по касательной к траектории. Найти работу этой силы, если высота горки h , длина её основания l и коэффициент трения k .



4.15 [Б-4.12] Трактор массой $m = 10$ т, развивающий мощность $W = 147,2$ кВт, поднимается в гору со скоростью $v = 5$ м/с. Определить угол наклона горы. Сопротивлением пренебречь.

4.16 [Б-4.13] Скатываясь под уклон $\alpha = 6^\circ$, автомобиль массой $m = 10^3$ кг разгоняется при выключенном двигателе до максимальной скорости $v = 72$ км/ч, после чего движение становится равномерным. Какую мощность развивает двигатель автомобиля при подъёме с такой же скоростью и по той же дороге вверх?

4.17 [Б-4.14] Какую работу нужно совершить человеку массой m , чтобы за время t подняться по движущемуся вниз эскалатору метро? Высота подъёма равна h , скорость эскалатора постоянна и равна v , угол наклона эскалатора к горизонту равен α .

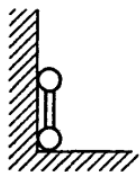
4.18 [Б-4.15] Посадочный модуль зависает над поверхностью планеты с работающим двигателем. Определить мощность, развиваемую двигателем, если масса модуля m , ускорение свободного падения вблизи поверхности планеты g , а скорость истечения продуктов сгорания из сопла двигателя v .

4.19 [Б-4.16] Определить кинетическую энергию обруча массой m , катящегося без проскальзывания со скоростью v .

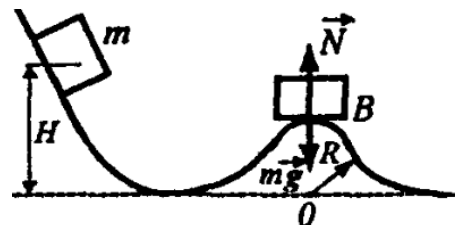
4.20 [Б-4.17] По плоскости, наклонённой под углом α к горизонту, катится без проскальзывания тонкий обруч. При каком значении коэффициента трения μ груз, скользящий по наклонной плоскости, будет иметь скорость, равную скорости обруча? Массы груза и обруча одинаковы, начальные скорости равны нулю.

4.21 [Б-4.18] Два груза массами m_1 и m_2 ($m_2 > m_1$) соединены между собой невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через блок. Блок может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси, а вся его масса M сосредоточена в ободе. Пренебрегая проскальзыванием нити по блоку, определить ускорение a грузов.

◇ **4.22** [Б-4.20] Гантелька длиной L стоит в углу, образованном гладкими плоскостями. Нижний шарик гантельки смещают горизонтально на очень маленькое расстояние, и гантелька начинает двигаться. Найти скорость нижнего шарика в тот момент, когда верхний шарик оторвётся от вертикальной плоскости. Масса шариков одинакова.

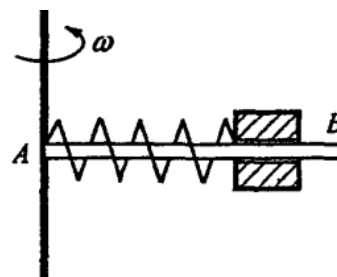


◇ **4.23** [Б-4.22] Тело массой $m = 2$ кг соскальзывает с горки высотой $H = 4,5$ м по наклонной поверхности, плавно переходящей в цилиндрическую поверхность радиусом $R = 2$ м. Определить силу давления тела на цилиндрическую поверхность в верхней точке B , если модуль работы сил трения при движении тела до этой точки $|A_{\text{тр}}| = 40$ Дж.



4.24 [Б-4.23] Тело массой $m = 0,2$ кг соскальзывает с высоты $H = 8$ м по наклонной плоскости, плавно переходящей в вертикальную петлю радиусом $R = 2$ м. Определить работу силы трения при движении тела до верхней точки петли, если давление тела на петлю в верхней точке N равно 2 Н.

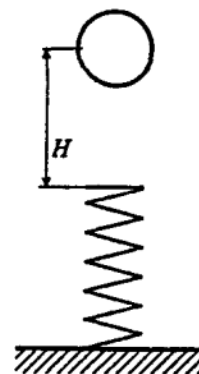
◇ **4.25** [Б-4.24] Гладкий лёгкий горизонтальный стержень AB может вращаться без трения вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец A . На стержне находится небольшое тело массой m , соединённое невесомой пружиной длиной l_0 с концом A . Коэффициент жёсткости пружины равен k . Какую работу надо совершить, чтобы эту систему медленно раскрутить до угловой скорости ω ?



4.26 [М-6.21] Система из двух шаров массами $m_1 = 0,6$ кг и $m_2 = 0,3$ кг, соединённых невесомой спицей длины $l = 0,5$ м, вращается вокруг оси, проходящей через центр тяжести и перпендикулярной спице, с угловой скоростью $\omega = 2$ рад/с. Найти энергию системы E .

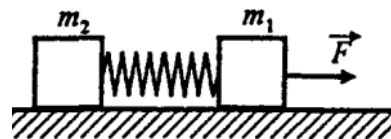
4.27 [Б-4.26] Груз массой $m = 10^3$ кг опускается с помощью лебёдки с постоянной скоростью $v = 4$ м/с. Какова будет максимальная сила натяжения троса при внезапной остановке лебёдки, если жёсткость троса $k = 5 \cdot 10^5$ Н/м?

◇ 4.28 [Б-4.27] Лёгкая пружина жёсткостью k стоит вертикально на столе (см. рисунок справа). С высоты H на неё падает небольшой шарик массой m . Какую максимальную скорость будет иметь шарик при своём движении вниз? Каково будет максимальное сжатие пружины?



4.29 [Б-4.25] Прикреплённый к вертикальной пружине груз медленно опускают до положения равновесия, причём 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? Массой пружины пренебречь.

◇ 4.30 [Б-4.28] Два груза массами m_1 и m_2 , соединённые между собой пружиной, лежат на горизонтальном столе. Пружина в начальный момент не растянута. С какой минимальной силой F нужно потянуть первый груз, чтобы при этом второй сдвинулся с места? Коэффициент трения между столом и грузом μ .



4.31 [Б-4.29] Телу, находящемуся на поверхности Земли, сообщена вертикальная скорость 6 км/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти максимальную высоту его подъёма. Радиус Земли $R_z = 6400$ км.

4.32 [Б-4.30] Определить скорость, которую необходимо сообщить телу, чтобы оно могло преодолеть силу притяжения Земли (вторую космическую скорость). Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия двух тел массами m и M на расстоянии r друг от друга рассчитывается как

$$W_p = -\frac{GMm}{r}.$$

4.33 Брусок массы m с начальной скоростью $+\vec{v}$ движется по горизонтальной поверхности и останавливается из-за действия сил трения.

1. Какое количество теплоты выделилось в ходе движения бруска?
2. Решить эту же задачу в системах отчёта, движущихся со скоростями $+\vec{v}$, $+2\vec{v}$, $-\vec{v}$ относительно поверхности.
3. Объяснить причину несовпадения ответов. Предложить точное решение.

4.34 Тележка массой M стоит на горизонтальной поверхности, трение между тележкой и поверхностью отсутствует. На тележке лежит брусок массой m , которому придали начальную скорость V . Из-за сил трения брусок останавливается относительно тележки. Какое количество теплоты выделится к этому моменту?

5 Законы сохранения

Определения

Потенциальные силы. Закон сохранения энергии. Потенциальная энергия деформированной пружины. Амплитуда колебаний. Абсолютно упругий удар (столкновение). Абсолютно неупругий удар (столкновение). Центральный, лобовой, прямой удар (столкновение).

Простейшие задачи на сохранение энергии

5.1 Тело массой 400 г свободно падает с высоты 2 м. Найти кинетическую энергию тела в момент удара о землю.

5.2 Найти потенциальную энергию тела массой 100 г, брошенного вертикально вверх со скоростью 10 м/с, в высшей точке подъёма.

5.3 Камень брошен вертикально вверх со скоростью $v_0 = 10$ м/с. На какой высоте h кинетическая энергия камня равна его потенциальной энергии?

5.4 Каковы значения потенциальной и кинетической энергии стрелы массой 50 г, выпущенной из лука со скоростью 30 м/с вертикально вверх, через 2 с после начала движения?

5.5 Тело массой 0,5 кг брошено вертикально вверх со скоростью 4 м/с. Найти работу силы тяжести, изменение потенциальной энергии и изменение кинетической энергии при подъёме тела до максимальной высоты.

5.6 Тело брошено со скоростью v_0 под углом к горизонту. Определить его скорость на высоте h .

5.7 С какой начальной скоростью v_0 надо бросить вниз мяч с высоты h , чтобы он подпрыгнул на высоту $2h$? Считать удар о землю абсолютно упругим.

5.8 Камень массой 2 кг бросают вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Какова начальная кинетическая энергия камня? Какова потенциальная энергия камня на максимальной высоте? Каково значение максимальной высоты подъёма? Какова скорость камня на половине максимальной высоты?

5.9 Стрела вылетает из арбалета вертикально вверх со скоростью 60 м/с. На какую высоту поднимется стрела, если её масса равна 200 г? На какую высоту поднимется стрела вдвое большей массы? Потерями энергии пренебречь.

5.10 Тележка на «американских горках» начинает движение без начальной скорости в наивысшей точке на высоте $h = 20$ м над землёй. Она резко опускается вниз до высоты $h_1 = 2$ м и затем круто взмывает вверх до вершины следующей горы, которая расположена на высоте $h_2 = 15$ м. Какова скорость тележки в жёлобе на высоте 2 м и на 15-метровой вершине, если потерями энергии на трение можно пренебречь?

5.11 Пуля, вылетевшая из винтовки со скоростью 1000 м/с, упала на землю со скоростью 500 м/с. Какая работа была совершена силой сопротивления воздуха, если масса пули 10 г?

5.12 Тело с начальной скоростью 14 м/с падает с высоты 240 м и углубляется в песок на 0,2 м. Определите среднюю силу сопротивления песка. Сопротивление воздуха не учитывать. Масса тела 1 кг.

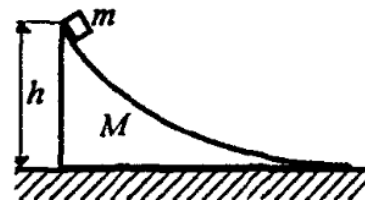
5.13 [ЕГЭ] Деревянный брусок массой $m_1 = 1$ кг покоится на гладкой горизонтальной поверхности. На него налетает пластилиновый шарик массой $m_2 = 200$ г, скользящий по поверхности со скоростью 3 м/с. В результате тела слипаются и движутся поступательно как единое целое. Найдите скорость тел после соударения; кинетическую энергию деревянного бруска после соударения; суммарный импульс тел после удара; количество теплоты, выделившееся в результате соударения.

5.14 Вагон массой $m = 4 \cdot 10^4$ кг, движущийся со скоростью $v = 2$ м/с, в конце запасного пути ударяется о пружинный амортизатор. На сколько он сожмёт пружину амортизатора, жёсткость которой $k = 2,25 \cdot 10^6$ Н/м?

5.15 Груз массой m осторожно прикрепляют к недеформированной пружине жёсткостью k , подвешенной к потолку, и отпускают. Найти максимальную деформацию пружины при последующих колебаниях и максимальную скорость груза.

Комбинированные задачи на законы сохранения

◇ **5.16** [Б-5.1] На гладком горизонтальном столе постоит «горка», угол наклона которой плавно изменяется от некоторого значения до нуля. С вершины «горки» соскальзывает без трения небольшое тело массой m . Какова будет скорость тела после соскальзывания, если высота «горки» h , а масса M ? Трением между горкой и столом пренебречь.



◇ **5.17** [Б-5.2] На пути тела, скользящего по гладкому горизонтальному столу, находится незакреплённая «горка» высотой H . При какой минимальной скорости тело сможет преодолеть горку? Тело движется не отрываясь от горки. Трения нет. Масса горки M , масса тела m .



5.18 [Б-4.21] Небольшая шайба соскальзывает с вершины закреплённой гладкой полусферы радиусом R . Найти высоту отрыва шайбы от поверхности полусферы.

5.19 На гладком горизонтальном столе стоят две одинаковые гладкие горки массой M , причём одна из них закреплена. С незакреплённой горки с высоты H скатывается маленькая шайба массой m . На какую максимальную высоту заедет шайба на закреплённую горку?

5.20 На гладком горизонтальном столе стоят две одинаковые гладкие горки массой M , причём одна из них закреплена. С закреплённой горки с высоты H скатывается маленькая шайба массой m . На какую максимальную высоту заедет шайба на незакреплённую горку?

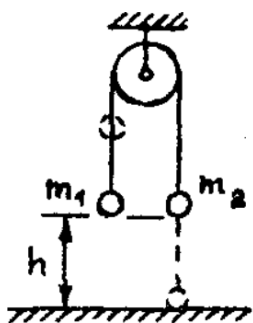
5.21 На гладком горизонтальном столе стоят две одинаковые гладкие незакреплённые горки массой M . С одной горки с высоты H скатывается маленькая шайба массой m . На какую максимальную высоту заедет шайба на вторую горку? Какова максимальная скорость удаления горок друг от друга?

5.22 [М-1.3.3] Граната разрывается в наивысшей точке траектории на два одинаковых осколка. Один из осколков летит в обратном направлении с той же по модулю скоростью, которую имела граната до разрыва. На каком расстоянии l от места бросания гранаты упадёт на землю второй осколок, если расстояние по горизонтали от места бросания до точки, над которой произошёл разрыв гранаты, составляет $a = 15$ м? Граната брошена от поверхности земли. Сопротивление воздуха не учитывать.

5.23 [М-1.3.4] Граната массой $m = 1$ кг разорвалась на высоте $h = 6$ м над землёй на два осколка. Непосредственно перед разрывом скорость гранаты была направлена горизонтально и по модулю равна $V = 10$ м/с. Один из осколков массой $m_1 = 0,4$ кг полетел вертикально вниз и упал на землю под местом разрыва со скоростью $V_1 = 40$ м/с. Чему равен модуль скорости V_2 второго осколка сразу после разрыва?

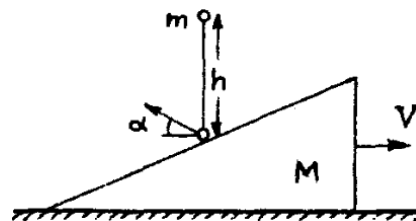
5.24 [М-1.3.5] Кузнечик сидит на одном из концов соломинки длины $l = 50$ см, покоящейся на гладком полу. С какой минимальной относительно пола скоростью V_0 он должен прыгнуть, чтобы при приземлении попасть точно на второй конец соломинки? Масса кузнечика в $\beta = 3$ раза больше массы соломинки. Размерами кузнечика и трением между полом и соломинкой пренебречь.

5.25 [М-1.3.6] Из пушки производится выстрел таким образом, что дальность полёта снаряда в $\alpha = 2$ раза превышает максимальную высоту траектории. Считая известной величину начального импульса снаряда $p_0 = 1000$ кг · м/с, определить величину его импульса в верхней точке траектории. Сопротивлением воздуха пренебречь.



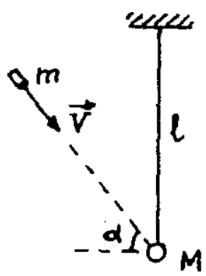
◇ **5.26** [М-1.3.7] Два груза массами m_1 и m_2 подвешены на концах нити, перекинутой через блок. Оба груза вначале неподвижны и находятся на одной высоте h над горизонтальной подставкой. Найти величину изменения импульса системы грузов Δp за время, прошедшее от начала их движения до момента, когда один из грузов коснётся подставки. Нить невесома и нерастяжима, блок невесом.

◇ **5.27** [М-1.3.8] На покоящийся на гладком горизонтальном столе клин массой $M = 1$ кг с высоты $h = 50$ см падает шарик массой $m = 10$ г и отскакивает под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Найти скорость клина V после удара. Соударение между шариком и клином считать абсолютно упругим, трение между клином и столом не учитывать. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

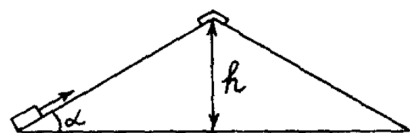


5.28 [М-1.3.9] Тело массы $m_0 = 0,1$ кг подвешено на длинной невесомой нити. Нить отклонили так, что тело поднялось на высоту $h = 0,4$ м. После этого тело отпустили. В момент, когда оно проходило нижнюю точку траектории, в тело попал горизонтально летевший пластилиновый шарик, который прилип к телу, после чего тело остановилось. С какой скоростью V_1 летел шарик, если его масса $m_1 = 7$ г?

- ◇ 5.29 [М-1.3.10] Шар массой $M = 1$ кг подвешен на невесомом жёстком стержне длиной $l = 1,25$ м, шарнирно закреплённом за верхний конец. В шар попадает пуля массой $m = 10$ г, летящая со скоростью $V = 500$ м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту, и застревает в нём. Определить максимальный угол β отклонения стержня от вертикали. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

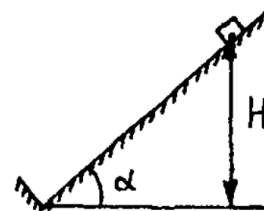


- 5.30 [М-1.3.12] С горки высоты $h = 2$ м с углом наклона $\alpha = 45^\circ$ начинают скатываться санки с нулевой начальной скоростью. Найти скорость V санок у основания горки, если на верхней половине горки коэффициент трения пренебрежимо мал, а на нижней половине коэффициент трения $\mu = 0,1$.



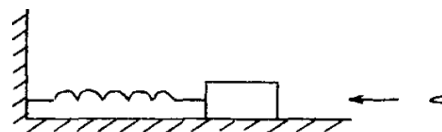
- ◇ 5.31 [М-1.3.13] Кирпич, лежащий на краю крыши дома, толкнули вверх вдоль ската со скоростью $V = 10$ м/с. После упругого удара о конёк кирпич соскользнул обратно и остановился на краю крыши. Найти коэффициент трения μ между кирпичом и поверхностью крыши, если конёк находится на высоте $h = 2,5$ м от края крыши, а угол наклона крыши к горизонту $\alpha = 30^\circ$. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

- ◇ 5.32 [М-1.3.14] С наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонталью, соскальзывает без начальной скорости небольшое тело и ударяется о выступ, перпендикулярный наклонной плоскости. Считая удар о выступ абсолютно упругим, найти, на какую высоту h поднимется тело после удара. Начальная высота тела $H = 1$ м, коэффициент трения $\mu = 0,5$.

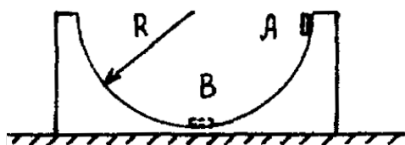


- 5.33 [М-1.3.15] На горизонтальной плоскости лежит деревянный брусок массой $M = 100$ г. В брусок попадает пуля массой $m = 10$ г, летящая горизонтально со скоростью $V_1 = 800$ м/с, и пробивает его насквозь. Скорость пули после вылета из бруска $V_2 = 200$ м/с. Какое количество энергии Q перешло в тепло в процессе удара? Трением бруска о плоскость пренебречь.

- ◇ 5.34 [М-1.3.16] На горизонтальной плоскости лежит деревянный брусок массой $M = 4$ кг, прикрепленный к вертикальной стенке пружиной с коэффициентом упругости $k = 100$ Н/м. В центр бруска попадает пуля массой $m = 10$ г, летящая горизонтально и параллельно пружине, и застревает в нем. Определить скорость пули, если максимальное сжатие пружины после удара составило $\Delta l = 30$ см. Трением бруска о плоскость пренебречь.



◇ 5.35 [М-1.3.17] Чашка в форме полусферы массой $M = 200$ г покоится на гладкой горизонтальной поверхности. По внутренней поверхности чашки из верхнего положения начинает скользить без начальной скорости маленькое тело массой $m = 20$ г. Какую скорость V будет иметь чашка в тот момент, когда тело достигнет нижней точки траектории, если радиус чашки $R = 8$ см? Трением между всеми поверхностями пренебречь.



Трением между всеми поверхностями пренебречь.

5.36 [М-1.3.18] Из покоящейся пушки массой $M = 500$ кг, находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, производится в горизонтальном направлении выстрел. После выстрела снаряд массой $m = 10$ кг имеет скорость относительно земли $V = 500$ м/с. Какое количество энергии E выделилось при сгорании пороха, если кинетическая энергия снаряда и пушки после выстрела равна αE ? При расчётах принять $\alpha = 1/3$.

5.37 [М-1.3.19] Граната брошена от поверхности земли под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с. В верхней точке траектории граната разрывается на два одинаковых осколка, скорости которых сразу после взрыва направлены горизонтально. На каком расстоянии l друг от друга упадут осколки, если кинетическая энергия, сообщённая им при взрыве, $E = 18$ Дж, а масса гранаты $m = 1$ кг?

5.38 [М-1.3.20] С пристани на палубу покоящегося непришвартованного катера массой $M = 500$ кг бросают с горизонтальной скоростью $V = 5$ м/с ящик массой $m = 50$ кг, который в результате трения о палубу останавливается на ней. Какое количество теплоты Q выделится при трении ящика о палубу? Сопротивлением воды движению катера пренебречь.

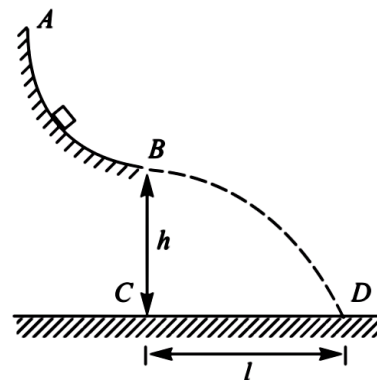
5.39 [М-1.3.22] Опираясь о барьер катка, мальчик бросил камень горизонтально со скоростью $V_1 = 5$ м/с. Какова будет скорость V_2 камня относительно мальчика, если он бросит камень горизонтально, совершив при броске прежнюю работу, но стоя на гладком льду? Масса камня $m = 1$ кг, масса мальчика $M = 50$ кг. Трением о лёд пренебречь.

5.40 [М-1.3.23] При броске тела от поверхности Земли под некоторым углом к горизонту была совершена работа $A = 58,8$ Дж. На каком расстоянии S от места бросания тело упало на Землю, если его масса $m = 1$ кг, а максимальная высота подъёма в полете $H = 3$ м?

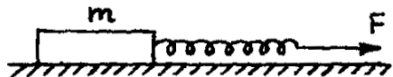
5.41 [Б-2.54] Груз массой m , привязанный к нерастяжимой нити, вращается в вертикальной плоскости. Найти разность сил натяжения нити в нижней и верхней точках траектории.

5.42 [М-1.3.24] Спутник запущен на круговую орбиту, проходящую на высоте $h = 350$ км над поверхностью Земли. Через некоторое время спутник перевели на другую круговую орбиту, радиус которой меньше на $\Delta h = 25$ км. На какую величину η изменилась при этом кинетическая энергия спутника по отношению к её первоначальному значению? Радиус Земли $R = 6400$ км.

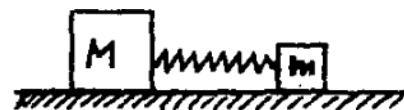
◇ **5.43** [М₂-1.3.6] Маленький брусок массой $m = 100$ г из точки A соскальзывает по шероховатому жёлобу AB , составляющему четверть окружности радиусом $R = 1$ м, и падает на горизонтальную поверхность в точку D . Точка B жёлоба находится на высоте $h = 2$ м от горизонтальной поверхности. Расстояние l между точками C и D составляет 2 м. Найти величину $A_{\text{тр}}$ работы силы трения бруска о жёлоб. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².



◇ **5.44** [М-1.3.25] Брусок массой $m = 1$ кг покоится на горизонтальной шероховатой поверхности. К нему прикреплена пружина жёсткости $k = 20$ Н/м. Какую работу A нужно совершить для того, чтобы сдвинуть с места брусок, растягивая пружину в горизонтальном направлении, если коэффициент трения между бруском и поверхностью $\mu = 0,2$? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².



◇ **5.45** [М-1.3.26] Между двумя кубиками с массами m и M находится сжатая пружина. Если кубик с массой M удерживать на месте, а другой освободить, то он отлетает со скоростью V . С какой скоростью V_1 будет двигаться кубик массы m , если оба кубика освободить одновременно? Деформация пружины одинакова в обоих случаях. Трением и массой пружины пренебречь.



5.46 [М-1.3.27] Два тела, которые первоначально покоились на гладкой горизонтальной плоскости, расталкиваются зажатой между ними пружиной и начинают двигаться поступательно со скоростями $V_1 = 3$ м/с и $V_2 = 1$ м/с. Вычислить энергию W , которая была запасена в пружине, если известно, что суммарная масса обоих тел $M = 8$ кг. Пружина невесома. Трение отсутствует.

5.47 [ЕГЭ] От груза, неподвижно висащего на невесомой пружине жёсткостью $k = 400$ Н/м, отделился с начальной скоростью, равной нулю, его фрагмент. После этого при возникших колебаниях оставшаяся часть груза поднималась на максимальную высоту $h = 3$ см относительно первоначального положения. Какова масса m отделившегося от груза фрагмента?

5.48 [М-1.3.28] Автомобиль массой $m = 1500$ кг едет по горизонтальному участку дороги со скоростью $V = 72$ км/ч. На какую величину ΔN увеличивается развиваемая двигателем мощность при движении автомобиля с той же скоростью в гору, угол наклона которой к горизонту составляет $\alpha = 0,1$ рад? Силу сопротивления считать в обоих случаях одинаковой.

5.49 [М-1.2.29] Шарику, подвешенному на нити, сообщили некоторую начальную скорость, после чего он начал вращаться по окружности в вертикальной плоскости. Определить массу шарика m , если известно, что сила натяжения нити в верхней точке траектории составляет $T_1 = 1$ Н, а в нижней точке траектории $T_2 = 2$ Н. Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

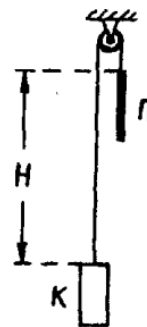
5.50 [М-1.3.29] Шарик массой $m = 100$ г подвешен на нити длиной $l = 1$ м. Его приводят в движение так, что он обращается по окружности, лежащей в горизонтальной плоскости, которая находится на расстоянии $l/2$ от точки подвеса. Какую работу нужно совершить для сообщения шарiku такого движения?

5.51 [М-1.3.30] Два тела массами $m_1 = 3,8$ г и $m_2 = 6$ г прикреплены к невесомой нити, перекинутой через блок с неподвижной осью. В начальный момент времени груз массы m_2 находится на высоте $h = 1$ м над горизонтальной поверхностью и оба груза неподвижны. Затем грузы отпускают. Определить количество теплоты Q , выделившейся при неупругом ударе тела массы m_2 о горизонтальную поверхность, если это тело сразу после удара останавливается. Силами трения пренебречь. Блок считать невесомым.

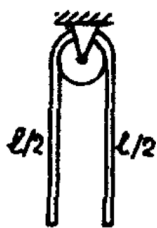
5.52 [М-1.3.31] На невесомой нити, перекинутой через неподвижный цилиндр, подвешены два груза с массами $m_1 = 10$ кг и $m_2 = 1$ кг. Первоначально грузы удерживают на одной высоте. При освобождении грузов без начальной скорости первый из них опускается на высоту $h = 2$ м за время $t = 1$ с, двигаясь равноускоренно. Какое количество тепла Q выделяется из-за трения нити о поверхность цилиндра за это время? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

5.53 [М-1.3.40] На горизонтальном участке пути длиной $L = 3$ км скорость поезда увеличилась с $V_1 = 36$ км/ч до $V_2 = 72$ км/ч. Какое количество топлива m израсходовал двигатель локомотива на этом участке? Известно, что суммарная масса поезда и локомотива $M = 1000$ т, коэффициент трения $\mu = 0,005$, удельная теплота сгорания топлива $q = 42$ МДж/кг, коэффициент полезного действия двигателя $\eta = 30\%$. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

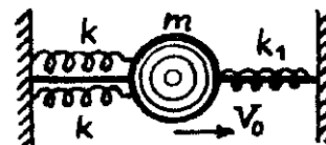
◇ 5.54 [М-1.3.36] Начальное положение кабины лифта К и противовеса П изображено на рисунке. На какую величину ΔU изменится потенциальная энергия системы при перемещении кабины вверх на расстояние $h = 10$ м, если начальная разность уровней противовеса и кабины $H = 15$ м, масса кабины $M = 1$ т, масса противовеса $m = 0,5$ т, а масса единицы длины троса, соединяющего кабину с противовесом, $\mu = 10$ кг/м? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².



◇ 5.55 [М-1.3.37] Канат длиной $l = 2$ м переброшен через блок. В начальный момент канат покоится и по обе стороны блока свешиваются равные его отрезки. Затем в результате незначительного толчка равновесие каната нарушается и он приходит в движение. Какова будет скорость каната V в тот момент, когда с одной стороны блока будет свешиваться отрезок каната длиной $l_1 = 1,5$ м? Массой блока и его размерами пренебречь, энергию толчка и трение в блоке не учитывать, ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

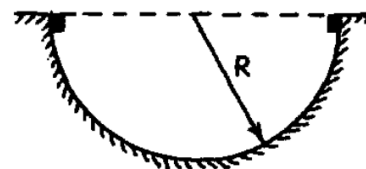


◇ 5.56 [М-1.3.38] Шарик массой $m = 10$ г прикреплен к неподвижным стенкам тремя пружинами, две из которых имеют жесткость $k = 0,375$ Н/м, а третья — $k_1 = 0,25$ Н/м. Шарик может двигаться только поступательно вдоль горизонтальной оси. Пружины невесомы и в положении равновесия не напряжены. Шарiku сообщают скорость $V_0 = 10$ см/с. Найти амплитуду колебаний шарика. Силу тяжести не учитывать.

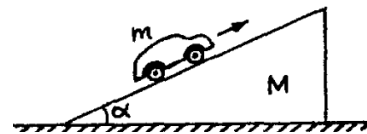


5.57 [М-1.3.39] На гладком столе покоится брусок массой $M = 20$ г, прикрепленный пружиной жесткости $k = 50$ Н/м к стене. В брусок ударяется шарик массой $m = 10$ г, движущийся по столу со скоростью $V_0 = 30$ м/с, направленной вдоль пружины. Считая соударение шарика и бруска упругим, найти амплитуду A колебаний бруска после удара.

◇ 5.58 [М-1.3.41] Два небольших тела, находящиеся на концах горизонтального диаметра гладкой полусферы радиуса $R = 20$ см, соскальзывают без начальных скоростей навстречу друг другу. При столкновении тела «слипаются» и далее движутся как одно целое. Найти отношение α масс тел, если максимальная высота над нижней точкой полусферы, на которую поднимаются слипшиеся тела после столкновения, $h = 5$ см. Трение не учитывать.



◇ **5.59** [М-1.3.1] Клин массой $M = 0,5$ кг с углом при основании $\alpha = 30^\circ$ покоится на гладкой горизонтальной плоскости. На наклонную поверхность клина ставят заводной автомобиль массой $m = 0,1$ кг и отпускают без начальной скорости, после чего автомобиль начинает движение вверх по клину в плоскости рисунка. Найти скорость U автомобиля относительно клина в момент, когда клин приобретает относительно плоскости скорость $V = 2$ см/с.



5.60 [М-1.3.2] На прямолинейном горизонтальном участке пути стоят $N = 5$ одинаковых вагонов. Промежутки между соседними вагонами одинаковы и равны $L = 30$ м. К крайнему вагону подкатывается ещё один такой же вагон, имеющий скорость $V_0 = 2$ м/с. В результате N последовательных столкновений, в каждом из которых сталкивающиеся вагоны сцепляются вместе, все $N + 1$ вагонов соединяются в один состав. Найти время τ между первым и последним столкновениями. Силами сопротивления движению вагонов пренебречь.

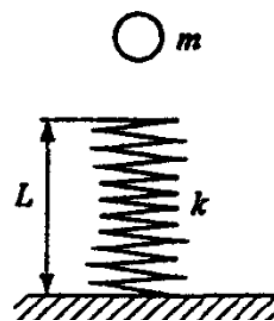
5.61 [Б-5.24] Из духового ружья стреляют в спичечный коробок, лежащий на расстоянии $l = 30$ см от края стола. Пуля массой $m = 1$ г, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 150$ м/с, пробивает коробок и вылетает из него со скоростью $v_0/2$. Масса коробка 50 г. При каких значениях коэффициента трения μ между коробком и столом коробок упадёт со стола?

5.62 [М-1.3.44] Брусok массой $m_1 = 4$ г соскальзывает без начальной скорости с высоты $h = 10$ м по наклонной плоскости. Другой брусок массой $m_2 = 2$ г движется по этой плоскости от основания вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с. Бруски начинают движение одновременно. На некоторой высоте бруски сталкиваются, после чего движутся как одно целое. Определить скорость V этого тела у основания наклонной плоскости. Трение брусков о плоскость не учитывать, при расчётах ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

5.63 [Б-5.21] Пуля, летевшая горизонтально со скоростью $v_0 = 400$ м/с, попадает в брусок, подвешенный на нити длиной $l = 4$ м, и застревает в нём. Определить угол α , на который отклонится брусок, если масса пули $m = 20$ г, а масса бруска $M = 5$ кг.

5.64 [Б-5.22] Тело массой M под действием пружин совершает колебания с амплитудой A_0 на гладком горизонтальном столе. В тот момент, когда тело проходит положение равновесия, на него сверху падает и прилипает к нему кусок пластилина массой m . Чему будет равна амплитуда колебаний?

◇ **5.65** [Б-5.23] Лёгкая пружина жёсткости k и длины L стоит вертикально на столе и не прикреплена к нему. На пружину падает небольшой шарик массой m , имеющий начальную скорость, равную нулю. Пружина упруго деформируется, и шарик подскакивает вертикально вверх. Максимальная скорость шарика при его движении оказалась равной $v_{\max}$. На какую высоту поднимается центр тяжести пружины?

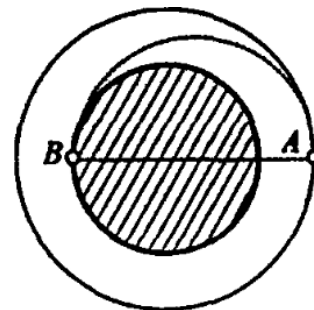


5.66 [М-1.3.43] Вдоль гладкой наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 0,01$ рад, с начальной скоростью $V_0 = 0,5$ м/с, направленной вверх, пускают брусок, который через время $t = 2$ с упруго ударяется о стенку, движущуюся вдоль наклонной плоскости вниз со скоростью $U = 0,1$ м/с. Через какое время T после удара о стенку брусок вернётся в исходное положение? Трением бруска о наклонную плоскость пренебречь, ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с², при расчётах положить $\sin \alpha \approx \alpha$.

5.67 [Б-5.25] Орудие, масса ствола которого $M = 400$ кг, стреляет в горизонтальном направлении. Масса снаряда $m = 8$ кг, его начальная скорость $v_0 = 10 \cdot 10^3$ м/с. При выстреле ствол откатывается на $S = 50$ см. Определить среднее значение силы торможения, развивающейся в противооткатном устройстве орудия.

5.68 [Б-5.26] От удара копра массой $m = 50$ кг, падающего с высоты $H = 5$ м, свая массой $M = 200$ кг погружается в грунт на глубину $l = 20$ см. Определить силу сопротивления грунта, считая её постоянной. Удар копра о сваю абсолютно неупругий.

◇ **5.69** Космический корабль массой $M = 12$ т движется вокруг Луны по круговой орбите на высоте $h = 100$ км. Для перехода на орбиту прилунения на короткое время включается двигатель торможения. Скорость вытекающих из сопла ракеты газов $u = 10 \cdot 10^4$ м/с. Радиус Луны $R_{\text{л}} = 1700$ км, ускорение свободного падения у поверхности Луны $g_{\text{л}} = 1,7$ м/с². Какую массу топлива m необходимо израсходовать для того, чтобы при включении тормозного двигателя в точке A траектории корабль опустился на Луну в точке B ?



Прямой центральный абсолютно упругий удар

5.70 [ЕГЭ] Лёгкий шар, движущийся со скоростью 10 м/с, налетает на покоящийся тяжёлый шар, и между шарами происходит центральный абсолютно упругий удар. После удара шары разлетаются в противоположные стороны с одинаковыми скоростями. Во сколько раз различаются массы шаров?

5.71 Шар, движущийся со скоростью v , налетает на такой же покоящийся шар, и между шарами происходит лобовой абсолютно упругий удар. Найти скорости v_1 и v_2 , которые приобретут шары после соударения.

5.72 [Б-5.7] В результате упругого лобового столкновения частицы массой m_1 с неподвижной частицей m_2 обе частицы разлетелись в противоположных направлениях с одинаковыми скоростями. Найти массу неподвижной частицы. Удар абсолютно упругий.

5.73 [Б-5.8] Во сколько раз уменьшится скорость атома гелия после упругого столкновения с неподвижным атомом водорода, масса которого в четыре раза меньше массы атома гелия?

5.74 [Б-5.9] Две частицы массами m_1 и m_2 со скоростями v_1 и v_2 сталкиваются абсолютно упруго. Определить скорости частиц после столкновения, которое является центральным.

5.75 [Б-5.10] Определить максимальную потенциальную энергию упругой деформации при прямом центральном абсолютно упругом ударе двух тел массами m_1 и m_2 , имевших скорости до удара v_1 и v_2 соответственно.

5.76 [Б-5.11] Шарик, движущийся со скоростью v , налетает на стенку, движущуюся со скоростью u ($u < v$) в том же направлении, и ударяется о неё абсолютно упруго. Плоскость стенки перпендикулярна скорости движения шарика. Определить скорость шарика после удара в системе отсчёта, связанной с Землёй.

5.77 [Б-5.12] В переднюю стенку башни танка, идущего со скоростью $u = 72$ км/ч, ударяется пуля, летящая со скоростью $v_0 = 750$ м/с навстречу танку, и упруго отскакивает от стенки башни. С какой скоростью относительно земли полетит отскочившая пуля? Стенка наклонена к вертикали под углом $\varphi = 60^\circ$.

5.78 В заднюю стенку башни танка, идущего со скоростью 72 км/ч, ударяется пуля, летящая горизонтально со скоростью 750 м/с вслед танку, и упруго отскакивает от неё. С какой скоростью относительно Земли полетит отскочившая пуля, если стенка наклонена к вертикали под углом 30° ?

Непрямой упругий удар

5.79 [Б-5.13] На горизонтальной плоскости покоится шар. С ним сталкивается другой шар такой же массы. Удар абсолютно упругий и не прямой. Определить угол, под которым разлетаются шары после удара.

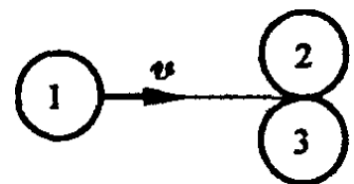
5.80 [Б-5.14] Тело массой m_1 , движущееся со скоростью v , налетает на неподвижное тело и после упругого соударения отскакивает от него под углом 90° к первоначальному направлению своего движения со скоростью $v/2$. Определить массу неподвижного тела.

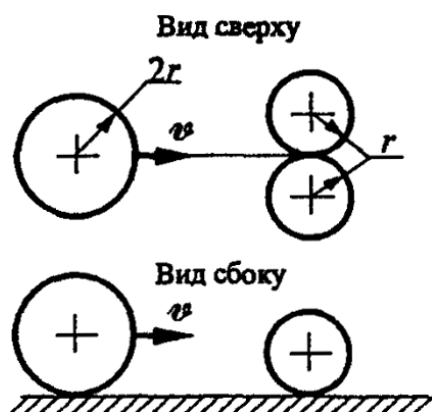
5.81 [Б-5.15] Шар массой m , движущийся со скоростью v , налетает на покоящийся шар массой $m/2$ и после упругого удара продолжает двигаться под углом $\alpha = 30^\circ$ к направлению своего первоначального движения. Найти скорости шаров после столкновения.

5.82 [М-1.3.35] Частица, движущаяся в вакууме со скоростью $V_1 = 1000$ м/с, налетает на покоящуюся частицу, масса которой в 3 раза больше массы первой частицы. Происходит упругое нецентральное соударение, после которого вторая частица начинает двигаться под углом 45° к первоначальному направлению движения первой частицы. Определить величины скоростей U_1 и U_2 обеих частиц после соударения. Силу тяжести не учитывать.

5.83 [ЕГЭ] На гладкой горизонтальной плоскости находятся две одинаковые идеально упругие гладкие шайбы. Одна из них движется со скоростью v , равной по модулю 2 м/с, а другая покоится вблизи прямой линии, проведённой через центр первой шайбы в направлении её скорости. Шайбы сталкиваются, и после соударения первоначально покоившаяся шайба отскакивает под углом $\alpha = 45^\circ$ к этой линии. Найдите скорость первой шайбы v_1 после столкновения.

◇ **5.84** [Б-5.16] Два одинаковых шара покоятся, касаясь друг друга. Третий такой же шар налетает на них, двигаясь по прямой, касающейся обоих шаров, со скоростью v . Найти скорости шаров после столкновения. Удар абсолютно упругий.



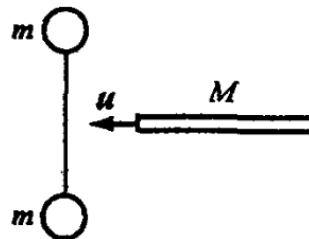


◇ 5.85 [Б-5.17] Два гладких упругих шара радиусом r лежат, соприкасаясь друг с другом, на гладкой горизонтальной плоскости. Третий упругий шар радиусом $2r$, скользящий со скоростью v по той же плоскости, ударяется одновременно в оба шара (см. рисунок). Найти скорость большого шара после удара. Все шары сделаны из одного материала.

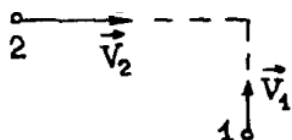
Неупругий удар

5.86 [Б-5.19] Две частицы массами m и $2m$, имеющие импульсы P и $P/2$, движутся по взаимно перпендикулярным направлениям. После соударения частицы обмениваются импульсами. Определить потерю механической энергии при соударении.

◇ 5.87 [Б-5.18] Два одинаковых шара массой m каждый связаны прочной нитью. Доска массой $M = 2m$ налетает со скоростью $u = 1$ м/с на эту систему и ударяет по середине нити. Найти скорость шаров при ударе о доску. Толщина доски и радиусы шаров малы по сравнению с длиной нити.

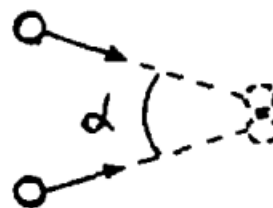


◇ 5.88 [М-1.3.32] Пластилиновые шарики имеют одинаковую массу m и взаимно перпендикулярные скорости $\vec{V}_1$ и $\vec{V}_2$, лежащие в одной плоскости. В



результате столкновения шарики слипаются и движутся как одно целое. Какое количество тепла Q выделилось при столкновении, если $m = 1$ г, $V_1 = 2$ м/с, $V_2 = 4$ м/с?

◇ 5.89 [М-1.3.33] Два одинаковых пластилиновых шара, движущихся с равными по величине скоростями, совершают неупругий удар, после которого слипаются в одно целое. Какой угол α составляли друг с другом векторы скоростей шаров до удара, если при ударе $\eta = 1/2$ начальной кинетической энергии шаров перешло в тепло?



5.90 [М-1.3.34] Шарик 1 массой $m = 200$ г движется равномерно со скоростью $V_1 = 10$ м/с. Навстречу ему движется шарик 2 такой же массы со скоростью $V_2 = 8$ м/с. После соударения шарик 1 стал двигаться перпендикулярно направлению его движения до соударения со скоростью $U_1 = 5$ м/с. Какое количество теплоты Q выделилось при соударении шариков?

5.91 [Б-5.20] Минимальная энергия электрона, необходимая для ионизации атома водорода, равна W_0 . Определить минимальные начальные скорости ионов водорода и гелия, необходимые для ионизации атома водорода. Ионизация происходит в результате полностью неупругого удара: потерянная механическая энергия переходит в энергию ионизации. По сравнению с массами ионов водорода и гелия массой электрона можно пренебречь.

6 Статика

Определения

Простые механизмы (определение, примеры). Гидравлический пресс. Золотое правило механики. Рычаг. Плечо силы. Момент силы. Условие равновесия твёрдого тела. Центр масс. Центр тяжести. Теорема о движении центра масс.

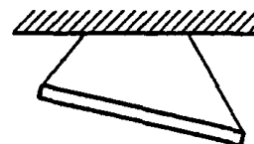
Задачи

6.1 Нарисовать систему блоков, дающую выигрыш в силе в 2 раза; 4 раза.

6.2 Нарисовать систему блоков, дающую выигрыш в силе в 3 раза.

6.3 Какова минимальная сила, с которой можно приподнять цилиндрическое бревно массой m , лежащее на горизонтальной поверхности?

◇ **6.4** [Б-6.1] Неоднородный стержень висит на двух невесомых нитях. Определить построением центр тяжести стержня.



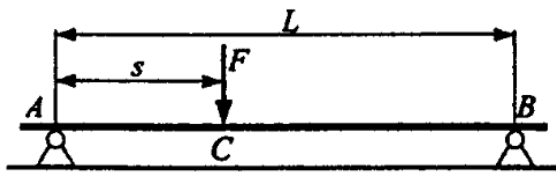
6.5 Найти минимальную горизонтальную силу, которой можно опрокинуть куб массой m . При каком коэффициенте трения это возможно?

6.6 Найти минимальную силу, которой можно опрокинуть куб массой m . При каком коэффициенте трения это возможно?

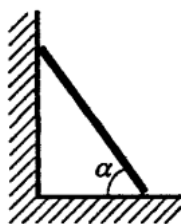
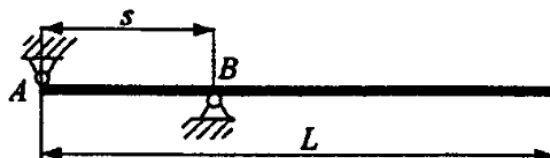
6.7 К концам стержня массы $m_0 = 1$ кг и длины $l = 40$ см подвешены грузы массы $m_1 = 4$ кг и $m_2 = 3$ кг. Где надо подпереть стержень, чтобы он находился в равновесии?

6.8 [М-1.4.7] Однородный стержень лежит горизонтально на двух опорах. Расстояние от центра стержня до ближайшей опоры $S = 0,3$ м. Найти расстояние между опорами l , если известно, что силы, действующие на стержень со стороны опор, отличаются друг от друга на величину, равную $\alpha = 1/5$ веса стержня.

- ◇ 6.9 [Б-6.19] Невесомый жёсткий стержень длиной L свободно лежит на двух опорах A и B . В точке C , отстоящей от A на расстояние s , на стержень действует вертикальная сила F . Определите силы реакции N_A и N_B в опорах A и B .

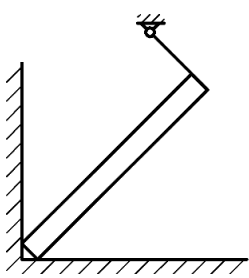
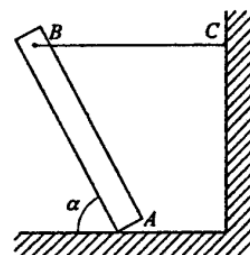


- ◇ 6.10 [Б-6.20] Однородный стержень длины L и массы m удерживается в горизонтальном положении с помощью двух опор A и B , расстояние между опорами равно s . Определите силы реакции N_A и N_B в опорах A и B .



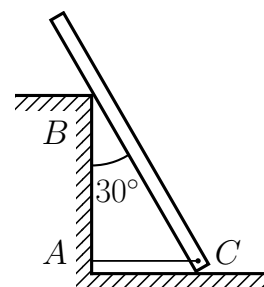
- ◇ 6.11 [Б-6.17] Верхний конец лестницы опирается о гладкую вертикальную стену, а нижний находится на шероховатом полу. Коэффициент трения между лестницей и полом $\mu = 0,5$. При каком предельном значении угла наклона она будет находиться в равновесии?

- ◇ 6.12 [Б-6.18] Однородный стержень AB опирается о шероховатый пол и удерживается в равновесии горизонтальной нитью BC . Коэффициент трения между стержнем и полом $\mu = 0,5$. При каких значениях угла, образованного стержнем с горизонтом, это возможно?



- ◇ 6.13 Однородный стержень упирается одним концом в угол и удерживается за другой конец нитью. Масса стержня m , а угол его наклона к горизонту равен α . Найти силу натяжения нити, а также силы, с которыми стержень давит на пол и на стену. Нить перпендикулярна стержню (см. рисунок).

- ◇ 6.14 Однородная балка опирается о гладкий пол и о выступ B , находящийся на высоте 3 м над полом. Балка образует угол 30° с вертикалью и удерживается верёвкой AC , протянутой у самого пола. Вычислить натяжение верёвки, силу реакции со стороны пола и силу реакции со стороны выступа B . Вес балки 600 Н, длина 4 м.

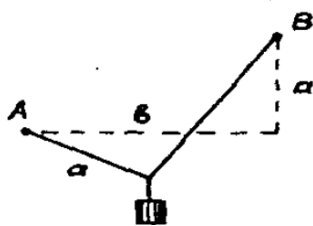


- 6.15 [ЕГЭ] К вертикальной стенке прислонена однородная доска, образующая с горизонтальным полом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения доски о пол $\mu_1 = 0,4$. Каков должен быть коэффициент μ_2 трения доски о стену, чтобы доска оставалась в равновесии?

◇ **6.16** [М-1.4.4] На внутренней поверхности гладкой сферы лежит невесомый стержень с маленькими шариками массами m_1 и m_2 на концах. Длина стержня равна радиусу сферы. Пренебрегая трением, найти угол α между стержнем и горизонталью.

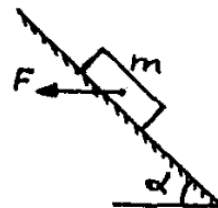


◇ **6.17** [М-1.4.3] На двух гвоздях, вбитых в стену в точках A и B (см. рисунок), подвешена верёвка. Расстояние между гвоздями по горизонтали $b = \sqrt{3}$ м $\approx 1,73$ м, разность высот, на которых вбиты гвозди, $a = 1$ м.



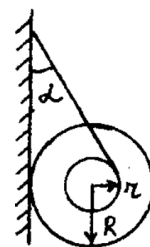
Длина верёвки равна $a + b$. На верёвке на расстоянии a от точки A подвешивают груз, который не касается стены. Найти отношение β сил натяжения верёвки слева и справа от груза. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Верёвку считать невесомой и нерастяжимой.

◇ **6.18** [М-1.4.5] Брусек массой $m = 1$ кг находится на неподвижной наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом. С какой минимальной горизонтальной силой F нужно действовать на брусок, чтобы он покоился? Коэффициент трения бруска о наклонную плоскость $\mu = 0,25$. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

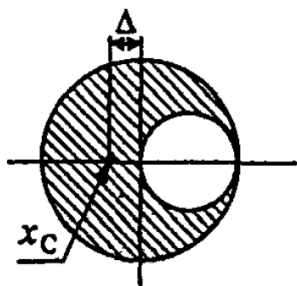


6.19 [М-1.4.6] Однородный стержень длиной $l = 1$ м и массой $m = 0,8$ кг несёт на концах два маленьких шарика, массы которых $m_1 = 0,2$ кг и $m_2 = 0,25$ кг. Стержень может поворачиваться на горизонтальной оси, находящейся на расстоянии $l_1 = 0,3$ м от шарика меньшей массы. Чтобы стержень был расположен горизонтально, под шарик большей массы подставлена опора. Найти силу F , действующую на опору.

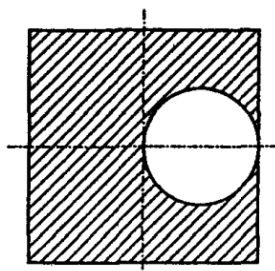
◇ **6.20** [М-1.4.8] К гвоздю, вбитому в стенку, привязана нить, намотанная на катушку. Катушка висит, опираясь о стенку. Нить составляет со стенкой угол $\alpha = 30^\circ$. Размеры катушки: $r = 1$ см, $R = 10$ см. Найти минимальное значение коэффициента трения μ между стенкой и катушкой, при котором катушка неподвижна.



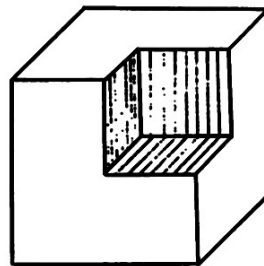
6.21 [М-1.4.11] Деревянная линейка выдвинута за край стола на $\alpha = 1/4$ часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на её свешивающийся конец положить груз массой не более $m_1 = 250$ г. На какую часть длины β можно выдвинуть за край стола эту линейку, если на её свешивающийся конец положен груз массой $m_2 = 125$ г?



К задаче 6.22



К задаче 6.23



К задаче 6.24

◇ **6.22** [Б-6.2] Однородная тонкая пластинка радиусом R имеет форму круга, в котором вырезано отверстие вдвое меньшего радиуса, касающееся края пластинки (см. рисунок). Где находится центр тяжести?

◇ **6.23** [Б-6.3] Из однородной тонкой пластины в форме квадрата со стороной a вырезано отверстие диаметром $a/2$, касающееся стороны квадрата (см. рисунок). Определить положения центра тяжести.

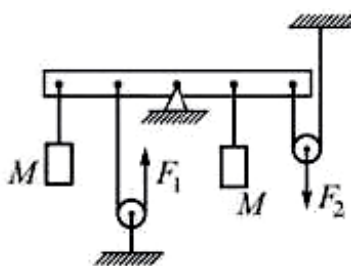
◇ **6.24** Где находится центр тяжести куба, из которого удалён кубик с ребром, равным $a/2$ (см. рисунок)?

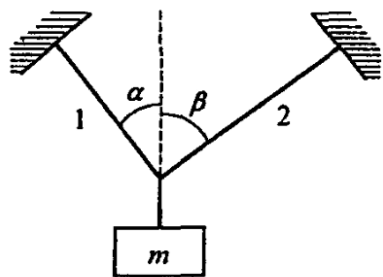
6.25 Однородный металлический стержень изогнули в виде буквы Г так, что его части имеют длину $a = 10$ см, $b = 20$ см. Стержень подвесили на нити за точку изгиба. Определите, какой угол образует длинный конец стержня с вертикалью. Части стержня a и b взаимно перпендикулярны.

◇ **6.26** Система, состоящая из двух однородных стержней разной плотности, находится в равновесии. Масса верхнего стержня $m_1 = 3,6$ кг. Трение пренебрежимо мало. Определите, при какой массе m_2 нижнего стержня возможно такое равновесие.

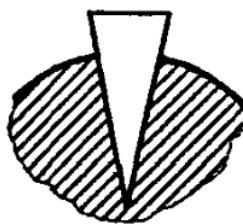


◇ **6.27** [ЕГЭ] Чтобы уравновесить на лёгкой рейке с помощью двух невесомых блоков одинаковые грузы, к нити, перекинутой через левый блок, и к оси правого блока необходимо приложить вертикальные силы F_1 и F_2 (см. рисунок). Расстояния между чёрными точками на рейке одинаковы, трение отсутствует, нити нерастяжимы. Найти массу грузов M .

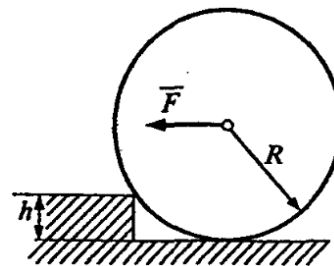




К задаче 6.28



К задаче 6.29



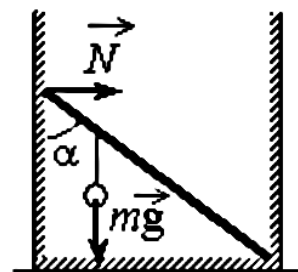
К задаче 6.30

◇ **6.28** [Б-6.4] Груз массой m удерживается в вертикальном положении с помощью двух тросов, составляющих с вертикалью углы α и β . Определить силы натяжения тросов.

◇ **6.29** [Б-6.5] Каков должен быть коэффициент трения μ для того, чтобы клин, заколоченный в бревно, не выскальзывал из него (см. рисунок)? Угол при вершине клина α .

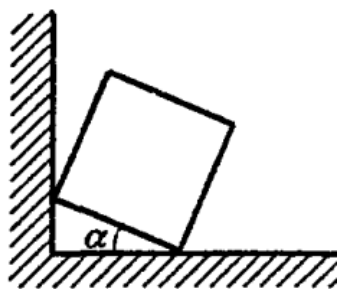
◇ **6.30** [Б-6.6] Колесо радиусом R и массой m стоит перед ступенькой высотой h . Какую горизонтальную силу F нужно приложить к оси колеса, чтобы оно могло подняться на ступеньку? Трением пренебречь.

◇ **6.31** [ЕГЭ] Невесомый стержень длиной 1 м, находящийся в ящике с гладкими дном и стенками, составляет угол $\alpha = 45^\circ$ с вертикалью (см. рисунок). К стержню на расстоянии 25 см от его левого конца подвешен на нити шар массой 2 кг. Каков модуль силы N , действующей на стержень со стороны левой стенки ящика?

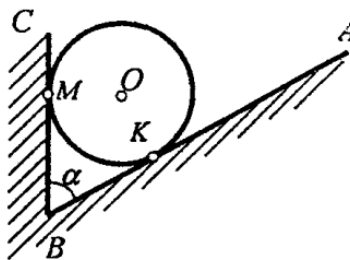


6.32 [М-1.4.1] Однородный шар массы $m = 7$ кг привязан за верёвку к гвоздю, вбитому в стену. Какую горизонтальную силу F нужно приложить к середине верёвки, чтобы натяжения нижней и верхней её половин относились как 1 : 2, а шар не касался стенки? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

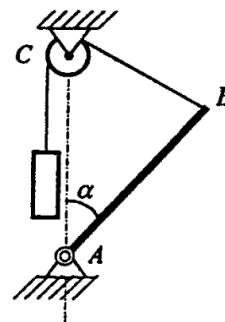
6.33 [М-1.4.2] Груз массой $m = 1,2$ кг подвешен к середине нити длиной $L = 2$ м, концы которой закреплены на одном уровне. Найти максимально возможное расстояние x между точками закрепления концов нити, если она выдерживает нагрузку не более $F = 10$ Н. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².



К задаче 6.34



К задаче 6.35

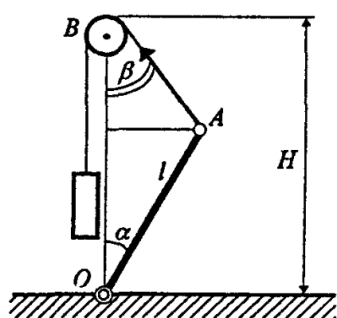


К задаче 6.36

◇ **6.34** [Б-6.11] Кубик стоит у стены так, что одна из его граней образует угол α с полом. При каком значении коэффициента трения кубика о пол это возможно, если трением о стену пренебречь?

◇ **6.35** [Б-6.12] Шар лежит в щели ABC , образованной двумя плоскими стенками. Найти угол между плоскостями, если давление шара на вертикальную стенку BC вдвое больше силы тяжести, действующей на шар. Трением пренебречь.

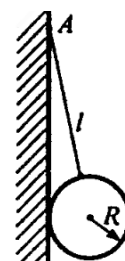
◇ **6.36** [Б-6.13] Стержень AB массой m прикреплен к неподвижной опоре шарниром A и может вращаться в вертикальной плоскости. К концу стержня B прикреплена нить. Нить перекинута через блок C , и к ней подвешен груз массой $m_1 = 0,5m$. Оси блока и шарнира расположены на одной вертикали, причём $AB = AC$. При каком угле α между стержнем и вертикалью система будет в равновесии?



◇ **6.37** [Б-6.14] Штанга массой m и длиной l закреплена нижним концом на шарнире O . К верхнему концу штанги привязана нить, перекинута через блок, укрепленный на высоте H от шарнира и на одной с ним вертикали. Какой минимальный груз нужно подвесить на другой конец нити, чтобы штанга устойчиво стояла в вертикальном положении?

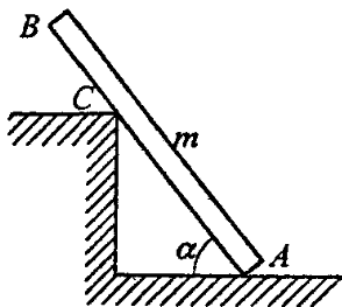
6.38 [Б-6.7] На плоскости с углом наклона α к горизонту стоит цилиндр радиусом r . Какова наибольшая высота цилиндра, при которой он не опрокидывается?

◇ **6.39** [Б-6.8] К вертикальной гладкой стенке в точке A на верёвке длиной l подвешен шар массой m . Чему равна сила натяжения верёвки и сила давления шара на стенку, если радиус шара R ? (См. рисунок).



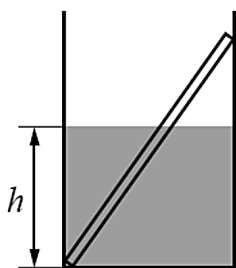
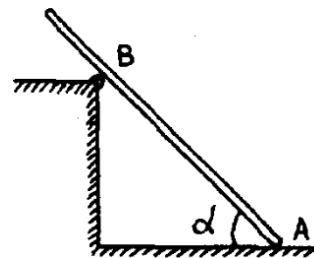
6.40 В ящике находится шар массой 3 кг. Ящик наклоняют так, что его дно составляет с горизонтом угол 30° . Определить модуль силы давления шара на дно ящика.

6.41 Однородный стержень AB опирается о шероховатый пол и о гладкий выступ C . Угол наклона стержня к полу равен 45° , расстояние $BC = 0,25AB$. При каком коэффициенте трения возможно такое равновесие? См. рисунок для задачи 6.42.



◇ **6.42** [Б-6.16] Однородный стержень AB массой m опирается о гладкий пол и шероховатый выступ C . Расстояние $AC = 0,75AB$. Угол наклона стержня α , коэффициент трения между стержнем и уступом μ . Определить реакции N_A и N_C в точках A и C и силу трения $F_{\text{тр}}$ между стержнем и выступом. При каких значениях угла α равновесие возможно?

◇ **6.43** [М-1.4.10] Лестница стоит на шероховатом полу и опирается о выступ, снабжённый роликом. Расстояние AB от нижнего конца лестницы до выступа составляет $3/4$ её полной длины, угол наклона лестницы $\alpha = 45^\circ$. Каков должен быть коэффициент трения μ между лестницей и полом, чтобы она находилась в равновесии? Трением в ролике пренебречь.

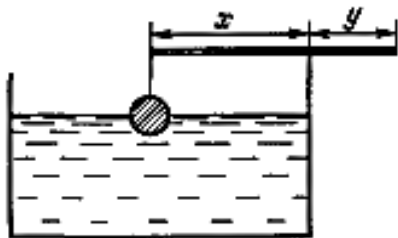


◇ **6.44** [ЕГЭ] В гладкий высокий стакан радиусом 4 см поставили палочку длиной 10 см и массой 90 г. В стакан налили жидкости высотой 4 см, плотность которой составляет 0,75 от плотности материала палочки. Найти силу, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана.

6.45 В гладкий стакан высотой 8 см и радиусом 3 см поставили однородную палочку длиной 12 см и массой 100 г. Стакан доверху наполнили жидкостью, плотность которой в два раза меньше плотности материала палочки. С какой силой давит палочка на край стакана?

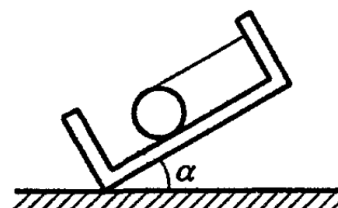
6.46 [М-1.4.12] Автомобиль массой $M = 1000$ кг равномерно движется вверх по наклонному участку дороги, составляющему с горизонтом угол $\alpha = 15^\circ$. Найти силу N , с которой давят на дорогу передние колеса автомобиля, если расстояние между его осями $L = 2$ м, центр тяжести расположен посередине между осями на расстоянии $H = 0,5$ м от поверхности дороги, ведущие колеса — задние. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

◇ 6.47 К концу однородной палочки массой $M = 4,4$ г подвешен на невесомой нити однородный алюминиевый шарик радиуса $r = 0,5$ см. Палочку кладут на край стакана с водой, добиваясь такого положения равновесия, при

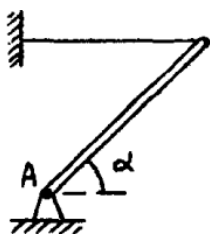


котором погруженной в воду окажется половина шарика (рис.). Плотность алюминия равна $\rho_{\text{ал}} = 2,7 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 10^3$ кг/м³. Определите, в каком отношении y/x делится длина палочки в этом случае. Поверхностным натяжением на границе шарика и воды пренебречь.

◇ 6.48 [Б-6.9] На плоском шероховатом дне чаши находится шар. Дно чаши наклонено на некоторый угол по отношению к горизонту. Шар удерживается в равновесии нитью, параллельной дну. На какой наибольший угол α можно наклонить дно чаши, чтобы шар всё ещё оставался в равновесии? Коэффициент трения $\mu = 0,5$.



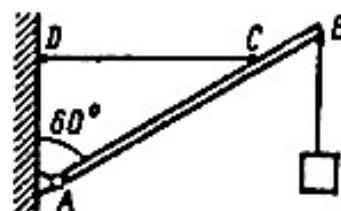
6.49 [М-1.4.13] Автомобиль массой M поднимается с постоянной скоростью вверх по дороге, составляющей угол α с горизонтом. Найти силу F взаимодействия ведущих (задних) колёс с поверхностью дороги. Расстояние между осями автомобиля L , центр тяжести находится посередине между осями на расстоянии H от поверхности дороги. Силу трения, действующую на передние колеса, не учитывать. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

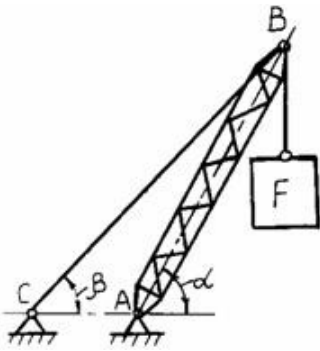


◇ 6.50 [М-1.4.9] Тонкий однородный стержень укреплен на шарнире в точке A и удерживается горизонтальной нитью. Масса стержня $m = 1$ кг, угол его наклона к горизонту $\alpha = 45^\circ$. Найти величину силы реакции шарнира F .

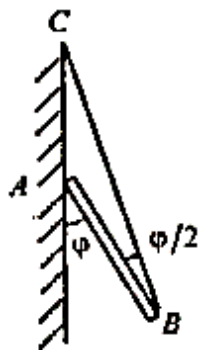
6.51 Стержень длиной l и массой m одним концом упирается в вертикальную стену, а другой его конец удерживается прикрепленной к этой же стене нитью, длина которой равна длине стержня. При каком угле α между стеной и стержнем стержень будет находиться в равновесии, если коэффициент трения между стержнем и стеной равен 0,3?

◇ 6.52 Однородная стрела AB настенного крана весом 1,6 кН, несущая груз весом 8 кН, удерживается в равновесии тросом CD . Приняв $AB = 2,6$ м и $CB = 0,8$ м, определить реакцию опорного шарнира A и силу натяжения троса CD (см. рисунок).

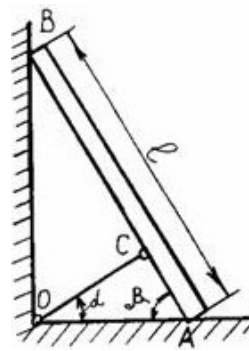




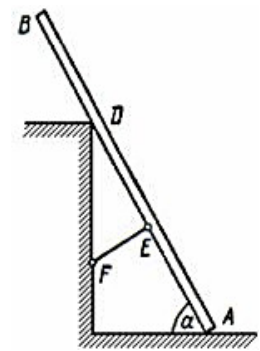
К задаче 6.53



К задаче 6.54



К задаче 6.55



К задаче 6.56

◇ **6.53** Кран-мачта при подъёме груза $F = 30$ кН находится в положении, указанном на рисунке. Нижний конец стрелы шарнирно опирается в точке A , а верхний конец стрелы удерживается в равновесии при помощи троса, прикреплённого в точках B и C . Сила тяжести стрелы 2 кН. Точки A и C расположены на одной горизонтальной прямой. Длина стрелы крана $AB = 10$ м. Угол $\alpha = 45^\circ$ и угол $\beta = 30^\circ$. Вычислить реакции шарнирной опоры A и натяжение троса BC .

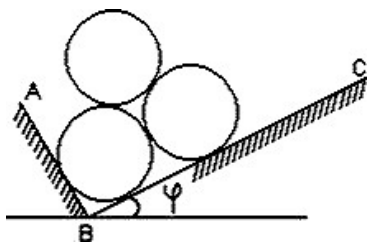
◇ **6.54** Однородный стержень AB прикреплён к вертикальной стене посредством шарнира A и удерживается под углом $\varphi = 60^\circ$ к вертикали при помощи верёвки BC , образующей с ним угол $\varphi/2$ (см. рисунок). Определите реакцию R шарнира, если известно, что масса стержня $m = 2$ кг.

◇ **6.55** Стержень длиной $l = 2$ м и весом 0,5 кН опирается концом A на горизонтальную гладкую плоскость, образуя с горизонтом угол $\beta = 45^\circ$. Стержень удерживается в равновесии тросом OC , наклонённым к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$. Определить реакцию в точках A и B и натяжение троса.

◇ **6.56** Однородный брус AB весом $G = 16$ Н опирается концом A на гладкий горизонтальный пол и промежуточной точкой на ребро D . Брус удерживается под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонтали верёвкой EF , перпендикулярной к оси бруса, причём $BD = DE = EA$. Определить натяжение верёвки EF и реакции опор A и D . Трением в выступе D пренебречь.

6.57 Однородный полушар массой $m_1 = 5$ кг лежит выпуклой стороной на горизонтальной плоскости. На край полушара положили небольшой груз массой $m_2 = 1$ кг. Под каким углом α к горизонту наклонена горизонтальная плоскость полушара? Радиус полушара R . Расстояние от центра масс полушара до геометрического центра шара равно $r_c = 3R/8$.

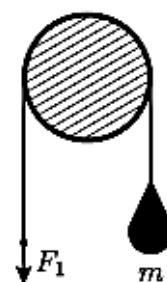
* Докажите, что $r_c = 3R/8$.



◇ **6.58** Три гладких однородных одинаковых цилиндра опираются на две взаимно перпендикулярные плоскости AB и BC . Каков наименьший угол наклона φ плоскости BC , при котором система сохраняет равновесие?

6.59 $\approx$ [Б-6.10] Пять кирпичей укладывают один на другой без связующего вещества так, что часть каждого последующего кирпича выступает над нижележащим. На какое максимальное расстояние правый край верхнего кирпича может выступать над правым краем самого нижнего кирпича, служащего основанием всей кладки? Длина каждого кирпича равна l .

◇ **6.60** Через неподвижное горизонтально закреплённое бревно переброшена верёвка (см. рисунок). Для того, чтобы удерживать груз массой $m = 6$ кг, подвешенный на этой верёвке, необходимо тянуть второй конец верёвки с минимальной силой $F_1 = 40$ Н. С какой минимальной силой F_2 надо тянуть верёвку, чтобы груз начал подниматься?



6.61 В пространстве движется тонкая пластинка. В некоторый момент времени векторы скоростей двух точек A и B пластинки оказались равными и лежащими в плоскости пластинки, а величина скорости точки C пластинки, являющейся вместе с точками A и B вершинами равностороннего треугольника, в два раза больше скорости точек A и B . Какие точки пластинки имеют в данный момент скорость в два раза большую скорости точки C ?

6.62 [Б-6.15] На земле лежат вплотную два одинаковых бревна цилиндрической формы, касаясь образующими. Сверху на них кладут такое же бревно. При каком коэффициенте трения μ между ними они не раскатятся? По земле брёвна не скользят.

◇ **6.63** Однородный стержень AB массой m и длиной L опирается на две неподвижные гладкие плоскости, составляющие с горизонтом углы α и β . Определите силы реакции в точках A и B и угол φ при равновесии.



7 Комбинированные задачи

7.1 На невесомом недеформируемом стержне длиной l висит груз. Стержень прикреплён верхним концом к шарниру, вокруг которого может вращаться без трения в вертикальной плоскости. Какую минимальную горизонтальную скорость необходимо сообщить грузу, чтобы он совершил полный оборот?

7.2 [дви] Шарик массой m , подвешенный на невесомой нерастяжимой нити, отклонили от вертикали на угол φ_0 и отпустили без начальной скорости. Найдите силу натяжения нити T как функцию угла отклонения шарика от вертикали φ .

7.3 [дви] Олимпийская трасса для соревнований по бобслею в Лиллехаммере имеет перепад высот от старта до финиша $h = 107$ м. На стартовом горизонтальном участке («полоса разгона») спортсмены разогнали боб до скорости $v_0 = 6$ м/с, с которой пересекли линию старта. В конце спуска по ледяному жёлобу сразу после финиша используется специальное тормозное устройство для гашения скорости боба на горизонтальной поверхности. При этом коэффициент трения на участке торможения увеличивается пропорционально расстоянию x от линии финиша по закону $\mu(x) = \alpha x$, где α — некоторый постоянный коэффициент. Определите величину α , если тормозной путь боба составил $S = 42$ м. Примите, что на участке трассы от конца полосы разгона до финиша за счёт сил трения было потеряно $\eta = 20\%$ механической энергии боба, а ускорение свободного падения равно $g = 10$ м/с².

7.4 На невесомой нерастяжимой нити длиной l висит груз. Нить прикреплена к горизонтальному гвоздю, вокруг которого может вращаться без трения. Какую минимальную горизонтальную скорость необходимо сообщить грузу, чтобы он совершил полный оборот в вертикальной плоскости?

7.5 [огэ] Конькобежец массой $M = 70$ кг, стоя на льду, бросает в горизонтальном направлении шайбу массой $m = 0,3$ кг со скоростью $v = 40$ м/с. На какое расстояние S откатится конькобежец, если коэффициент трения коньков о лёд $\mu = 0,02$?

7.6 [огэ] Конькобежец, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении предмет массой 2 кг со скоростью 15 м/с относительно льда и откатывается в обратном направлении на 40 см. Найдите массу конькобежца, если коэффициент трения коньков о лёд 0,02.

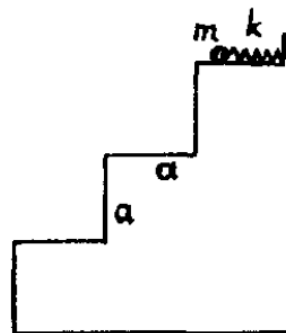
7.7 [егэ] С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m . Длина наклонной плоскости равна S , а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Найдите силу трения, действующую на брусок, и время движения бруска.

7.8 [егэ] С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m . Длина наклонной плоскости равна S , а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Найдите скорость бруска в конце плоскости и равнодействующую всех сил, действующих на брусок.

7.9 Дом стоит на краю поля. С балкона с высоты 5 м мальчик бросил камешек в горизонтальном направлении. Начальная скорость камешка 7 м/с, его масса 0,1 кг. Какова кинетическая энергия камешка через 2 с после броска?

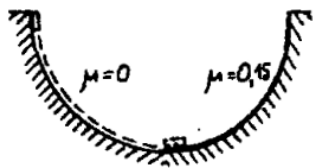
7.10 [егэ] На последнем автосалоне в Детройте фирма «Мерседес» представила новый родстер с двигателем объёмом 4,7 литра, способный разогнаться от 0 до 100 км/ч за 4,8 секунды. Считая, что процесс разгона происходит по горизонтали и является равноускоренным, определите, под каким углом к горизонту направлена сила, действующая на водителя со стороны сиденья во время такого разгона.

◇ **7.11 [м-1.1.26]** Лестница состоит из трёх одинаковых гладких ступенек ширины $a = 30$ см и такой же высоты. На верхней ступеньке расположена в плоскости рисунка невесомая пружина жёсткостью $k = 30$ Н/м, правым концом прикреплённая к неподвижной стенке, а левым упирающаяся в лежащий на ступеньке маленький шарик массой $m = 100$ г. Шарик сдвигают вправо, сжимая пружину, после чего отпускают без начальной скорости. До какой максимальной величины Δl можно сжать пружину, чтобы выпущенный шарик по одному разу коснулся средней и нижней ступенек? Удар шарика о ступеньку считать абсолютно упругим, трение и сопротивление воздуха не учитывать. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

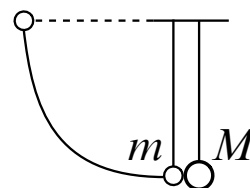


7.12 [егэ] Шарик скользит без трения по наклонному жёлобу, а затем движется по «мёртвой петле» радиуса R . С какой силой давит шарик на жёлоб в нижней точке петли, если масса шарика 100 г, а высота, с которой его отпускают, равна $4R$, считая от нижней точки петли?

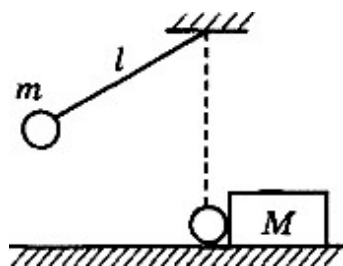
- ◇ 7.13 [М-1.2.30] Маленькое тело соскальзывает без начальной скорости по внутренней поверхности полусферы с высоты, равной её радиусу. Одна половина полусферы абсолютно гладкая, а другая — шероховатая, причём на этой половине коэффициент трения между телом и поверхностью $\mu = 0,15$. Определить ускорение a тела в тот момент, когда оно только перейдёт на шероховатую поверхность. Какой угол α образует с вертикалью ускорение в этот момент времени? Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.



- ◇ 7.14 [ЕГЭ] Два шарика висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях длиной $l = 1,5 \text{ м}$ (см. рисунок). Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Массы шариков $m = 0,1 \text{ кг}$ и $M = 0,2 \text{ кг}$. Какое количество теплоты выделится в результате абсолютно неупругого удара шариков?



- ◇ 7.15 [ЕГЭ] Маленький шарик массой $m = 0,25 \text{ кг}$ подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0,8 \text{ м}$, которая разрывается при некоторой силе натяжения T_0 . Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия,

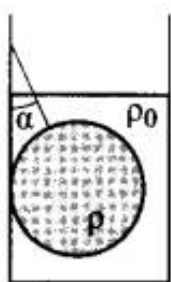
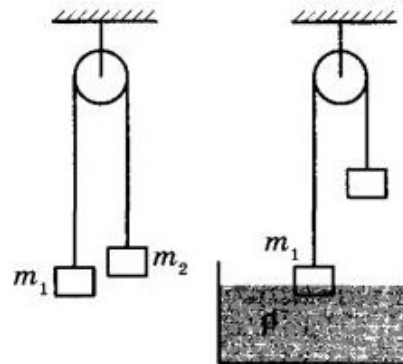


нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 2,75 \text{ кг}$, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Скорость бруска после удара $u = 0,4 \text{ м/с}$. Определите величину силы T_0 . Считать, что брусок после удара движется поступательно.

- 7.16 [ЕГЭ] На краю стола высотой $h = 1,25 \text{ м}$ лежит пластилиновый шарик массой $m = 100 \text{ г}$. На него со стороны стола налетает по горизонтали другой пластилиновый шарик, имеющий скорость $v = 0,9 \text{ м/с}$. Какой должна быть масса M налетающего шарика, чтобы точка приземления шариков на пол была дальше от стола, чем заданное расстояние $L = 0,3 \text{ м}$? Удар считать центральным.

- 7.17 [ЕГЭ] По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, скользит из состояния покоя брусок массой $M = 300 \text{ г}$. В тот момент, когда брусок прошёл по наклонной плоскости расстояние $x = 3,6 \text{ м}$, в него попала и застряла в нём летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля. Скорость пули $v = 500 \text{ м/с}$, масса пули $m = 5 \text{ г}$. После попадания пули брусок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на некоторое расстояние S от места удара. Определите расстояние S . Трение бруска о плоскость не учитывать.

◇ **7.18** [ЕГЭ] Два тела подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первое тело массой $m_1 = 500$ г движется из состояния покоя вниз с ускорением a . Если первое тело опустить в воду плотностью $\rho = 1000$ кг/м³, находящуюся в большом объёме, система будет находиться в равновесии. При этом объём погружённой в воду части тела равен $V = 1,5 \cdot 10^{-4}$ м³. Сделайте рисунки с указанием сил, действующих на тела в обоих случаях. Определите ускорение a первого тела.



◇ **7.19** [ЕГЭ] Свинцовый шар массой 4 кг подвешен на нити и полностью погружён в воду (см. рисунок). Нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$. Определите силу, с которой нить действует на шар. Плотность свинца $\rho = 11300$ кг/м³. Трением шара о стенку пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шар.

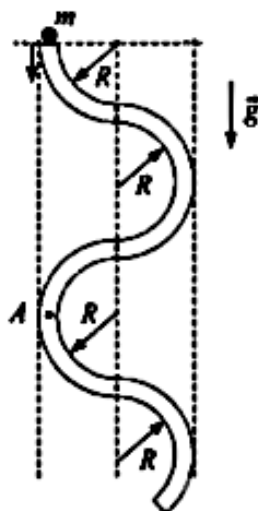
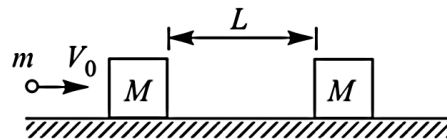
7.20 [ЕГЭ] От удара копра массой 450 кг, падающего свободно с высоты 5 м, свая массой 150 кг погружается в грунт на 10 см. Определите силу сопротивления грунта, считая её постоянной, а удар — абсолютно неупругим. Изменением потенциальной энергии сваи в поле тяготения Земли пренебречь.

7.21 С помощью копра массой m , падающего с высоты H , забивают сваю массой M . Какова средняя сила сопротивления грунта, если при одном ударе свая погружается на l ? Удар считать абсолютно неупругим.

7.22 [ЕГЭ] Пластилиновый шарик в момент $t = 0$ бросают с горизонтальной поверхности земли с некоторой начальной скоростью под углом α к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарик абсолютно неупруго сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. В момент времени τ шарики падают на землю. Какова начальная скорость v_0 шарика, брошенного под углом к горизонту? Сопротивлением воздуха пренебречь.

7.23 [ЕГЭ] Снаряд, движущийся со скоростью v_0 , разрывается на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая движется в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Скорость осколка, движущегося вперёд по направлению движения снаряда, равна v_1 . Найдите массу m осколка.

◇ **7.24** [М₂-1.3.7] На гладком горизонтальном столе покоятся два одинаковых кубика массой M каждый. В центр левого кубика попадает пуля массой m , летящая горизонтально со скоростью V_0 , направленной вдоль линии, соединяющей центры кубиков. Пробив насквозь левый кубик, пуля летит дальше со скоростью $V_0/2$, попадает в правый кубик и застревает в нем. Через какое время τ после попадания пули в левый кубик кубики столкнутся, если начальное расстояние между ними равно L ? Размерами кубиков пренебречь.

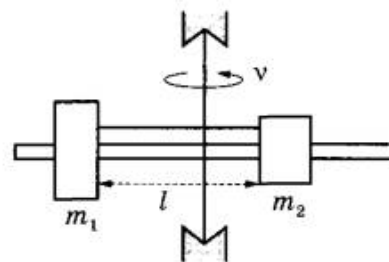


◇ **7.25** [ЕГЭ] В вертикальной плоскости расположена гладкая трубка, изогнутая периодически в виде дуг окружностей одинаковым радиусом R (см. рисунок). В верхнее отверстие трубки без начальной скорости запускают шарик массой $m = 10$ г. С какой по модулю силой F шарик действует на трубку в точке A в конце первого периода своего движения по трубке?

7.26 [ЕГЭ] Пуля летит горизонтально со скоростью $v_0 = 160$ м/с, пробивает стоящую на горизонтальной шероховатой поверхности коробку и продолжает движение в прежнем направлении со скоростью $v_0/4$. Масса коробки в 12 раз больше массы пули. Коэффициент трения скольжения между коробкой и поверхностью $\mu = 0,3$. На какое расстояние S переместится коробка к моменту, когда её скорость уменьшится на 20%?

7.27 [М₂-1.3.8] Два шарика массами m_1 и m_2 , покоящиеся на гладкой горизонтальной плоскости, связаны пружиной длиной l и жёсткостью k . Шарiku массой m_1 сообщили скорость V_0 в направлении от шарика массой m_2 вдоль линии, соединяющей их центры. На какое максимальное расстояние L удалятся шарики друг от друга?

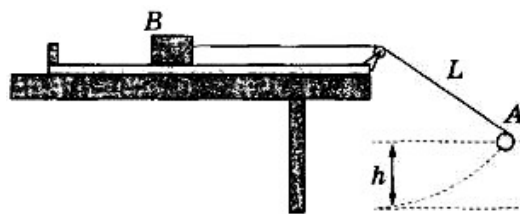
◇ **7.28** [ЕГЭ] На вертикальной оси укреплен гладкая горизонтальная штанга, по которой могут перемещаться два груза массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 400$ г, связанные нерастяжимой невесомой нитью длиной l . Нить закрепили на оси так, что грузы располагаются по разные стороны от оси и натяжение нити с обеих сторон от оси при вращении штанги одинаково (см. рисунок). При вращении штанги с частотой 900 об/мин модуль силы натяжения нити, соединяющей грузы, $T = 150$ Н. Определите длину нити l .



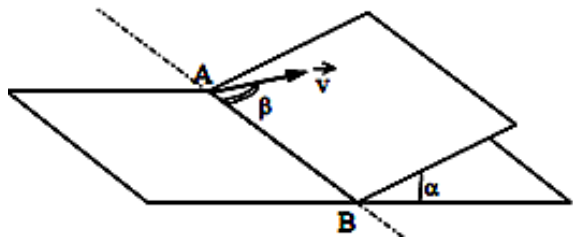
7.29 Два шарика массами m_1 и m_2 , покоящиеся на гладкой горизонтальной плоскости, связаны пружиной длиной L и жёсткостью k . Шарiku массой m_2 сообщили скорость v_2 в направлении к шарiku массой m_1 вдоль линии, соединяющей их центры. На какое минимальное расстояние l сблизятся шарики?

7.30 [ЕГЭ] Пластилиновый шарик в момент $t = 0$ бросают с горизонтальной поверхности земли с начальной скоростью v_0 под углом α к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарики абсолютно неупруго сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. В какой момент времени τ шарики упадут на землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

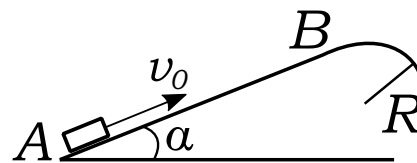
◇ **7.31** [ЕГЭ] В установке, изображённой на рисунке, грузик A соединён перекинутой через блок нитью с бруском B , лежащим на горизонтальной поверхности трибометра, закреплённого на столе. Грузик отводят в сторону, приподнимая его на высоту h , и отпускают. Длина свисающей части нити равна L . Какую величину должна превзойти масса грузика, чтобы брусок сдвинулся с места в момент прохождения грузиком нижней точки траектории? Масса бруска M , коэффициент трения между бруском и поверхностью μ . Трением в блоке, а также размерами блока пренебречь.



◇ **7.32** [ЕГЭ] Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой AB . Угол между плоскостями $\alpha = 30^\circ$. Маленькая шайба начинает движение вверх по наклонной плоскости из точки A с начальной скоростью $v_0 = 2$ м/с под углом $\beta = 60^\circ$ к прямой AB . В ходе движения шайба съезжает на прямую AB в точке B . Пренебрегая трением между шайбой и наклонной плоскостью, найдите расстояние AB .



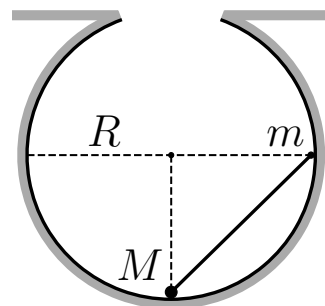
◇ **7.33** [ЕГЭ] Небольшая шайба после удара скользит вверх по наклонной плоскости из точки A (см. рисунок). В точке B наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом R . Если в точке A скорость шайбы превосходит $v_0 = 4$ м/с, то в точке B шайба отрывается от опоры. Длина наклонной плоскости $AB = L = 1$ м, угол $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и шайбой $\mu = 0,2$. Найдите внешний радиус трубы R .



7.34 [ЕГЭ] Маленький шарик падает сверху на наклонную плоскость и упруго отражается от неё. Угол наклона плоскости к горизонту равен 30° . На какое расстояние по горизонтали перемещается шарик между первым и вторым ударами о плоскость? Скорость шарика в момент первого удара направлена вертикально вниз и равна 1 м/с .

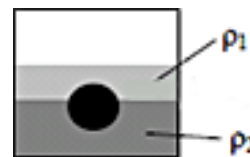
7.35 [ЕГЭ] Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 500 м/с . В точке максимального подъёма снаряд разорвался на два осколка. Первый упал на землю вблизи точки выстрела, имея скорость в 2 раза больше начальной скорости снаряда. Второй осколок упал в этом же месте через 100 с после разрыва. Чему равно отношение массы первого осколка к массе второго осколка? Сопротивлением воздуха пренебречь.

◇ **7.36** [ЕГЭ] Небольшие шарики, массы которых $m = 30 \text{ г}$ и $M = 60 \text{ г}$, соединены лёгким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку. В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображённом на рисунке. Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Максимальная высота подъёма шарика массой M относительно нижней точки выемки оказалась равной 12 см . Каков радиус выемки R ?



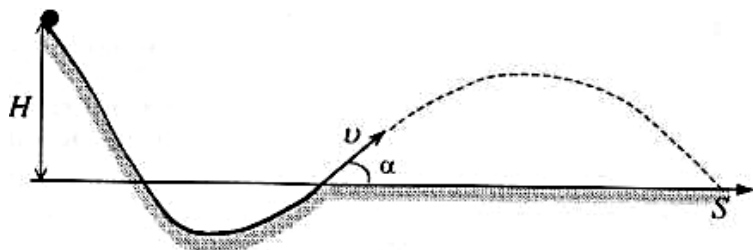
7.37 [ЕГЭ] Небольшое тело массой $0,99 \text{ кг}$ лежит на вершине гладкой полусферы радиусом 1 м . В тело попадает пуля массой $0,01 \text{ кг}$, летящая горизонтально со скоростью 200 м/с , и застревает в нем. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите высоту, на которой оно оторвётся от поверхности полусферы.

◇ **7.38** [ЕГЭ] На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 900 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 3\rho_1$, плавает шарик (см. рисунок). Какова должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объёма?



7.39 [ЕГЭ] Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны $v_{\text{пл}} = 15 \text{ м/с}$ и $v_{\text{бр}} = 5 \text{ м/с}$. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом $\mu = 0,17$. На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30% ?

◇ **7.40** [ЕГЭ] При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по гладкому трамплину под действием силы тяжести, начиная



движение из состояния покоя с высоты H (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Пролетев по воз-

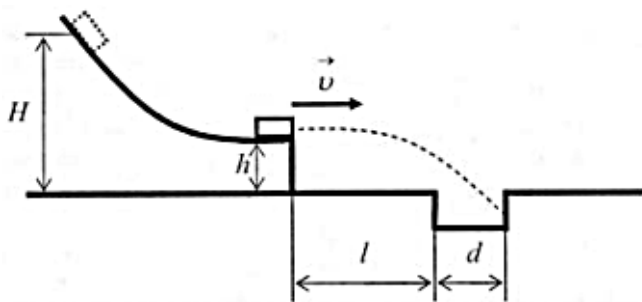
духу, он приземлился на горизонтальный стол на той же высоте, что и край трамплина. Каково время полёта?

◇ **7.41** [ЕГЭ] Шайба массой $m = 100$ г начинает движение по жёлобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте H . В процессе движения по жёлобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на величину $\Delta E = 2$ Дж. В точке B шайба вылетает из жёлоба под углом $\alpha = 15^\circ$ к горизонту и падает на землю в точке D , находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). $BD = 4$ м. Найдите высоту H . Сопротивлением воздуха пренебречь.



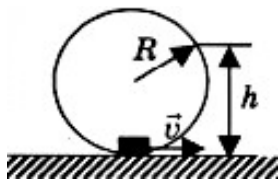
7.42 На горизонтальную шероховатую ленту транспортёра шириной L , движущуюся со скоростью v , въезжает шайба с такой же по модулю скоростью v , направленной перпендикулярно краю ленты. Шайба съезжает с другого края ленты со скоростью, направленной под углом $\alpha = 45^\circ$. Найдите коэффициент трения.

◇ **7.43** Маленькая шайба движется по гладкому трамплину из состояния покоя с высоты $H = 5$ м над поверхностью Земли. На высоте $h = 1$ м шайба отрывается от трамплина, причём в этот момент скорость шайбы направлена горизонтально (см. рисунок). Перед трамплином вырыта канава шириной $d = 0,5$ м. Ближний край канавы находится на расстоянии l от стенки трамплина. При каких значениях l шайба упадёт в канаву? Сопротивлением воздуха пренебречь. Считать, что шайба не может закатиться в канаву, если не упала в неё сразу.



7.44 [ЕГЭ] Из пружинного пистолета выстрелили вертикально вниз в мишень, находящуюся на расстоянии 2 м от него. Совершив работу 0,12 Дж, пуля застряла в мишени. Какова масса пули, если пружина была сжата перед выстрелом на 2 см, а её жёсткость 100 Н/м?

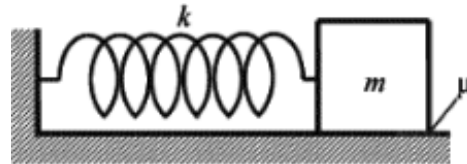
- ◇ 7.45 [ЕГЭ] Небольшая шайба после толчка приобретает скорость $v = 2$ м/с и скользит по внутренней поверхности гладкого закреплённого кольца радиусом $R = 0,14$ м. На какой высоте h шайба отрывается от кольца и начинает свободно падать?



7.46 [ЕГЭ] В маленький шар, висящий на нити длиной $l = 50$ см, попадает и застревает в нём горизонтально летящая со скоростью $v_0 = 300$ м/с пуля массой $m = 10$ г. Определите максимальную массу шара, при которой он после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости. Сопротивлением воздуха пренебречь.

7.47 [ЕГЭ] В маленький шар массой $M = 250$ г, висящий на нити длиной $l = 50$ см, попадает и застревает в нём горизонтально летящая пуля массой $m = 10$ г. При какой минимальной скорости пули шар после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости? Сопротивлением воздуха пренебречь.

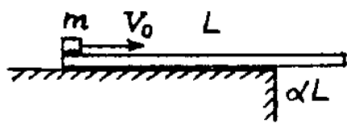
- ◇ 7.48 [ЕГЭ] К одному концу лёгкой пружины жёсткостью $k = 100$ Н/м прикреплен массивный груз, лежащий на горизонтальной плоскости, другой конец пружины закреплён неподвижно (см. рисунок). Коэффициент трения груза по плоскости $\mu = 0,2$. Груз смещают по горизонтали, растягивая пружину, затем отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Груз движется в одном направлении и затем останавливается в положении, в котором пружина уже сжата. Максимальное растяжение пружины, при котором груз движется таким образом, равно $d = 15$ см. Найдите массу m груза.



7.49 [М-6.35] Маленький шарик, подвешенный на нити длины $l = 1$ м, отклоняют от положения равновесия так, что нить составляет с вертикалью угол $\alpha = 60^\circ$, и отпускают без начальной скорости. В момент, когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается. Найти угол β , который составляет с вертикалью скорость шарика в момент падения на пол, если расстояние от точки подвеса нити до пола $h = 2,5$ м.

7.50 Брусок массой $m_1 = 500$ г соскальзывает по наклонной плоскости с высоты $h = 0,8$ м и, двигаясь по горизонтальной поверхности, сталкивается с неподвижным бруском массой $m_2 = 300$ г. Считая столкновение абсолютно неупругим, определите общую кинетическую энергию брусков после столкновения. Трением при движении пренебречь. Считать, что наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную.

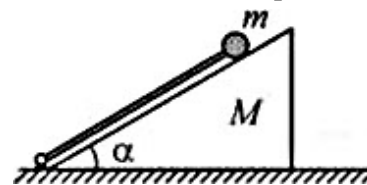
◇ 7.51 [М-6.39] На шероховатом столе лежит доска массой $M = 1$ кг и длиной $L = 0,5$ м так, что за край стола выступает её часть длиной αL , где $\alpha = 1/4$. Какую минимальную скорость V_0 нужно сообщить маленькому бруску



массой $m = 1$ кг, находящемуся на левом конце доски, чтобы в результате его перемещения левый конец доски приподнялся над столом? Коэффициент трения между

бруском и доской $\mu = 0,1$. Доска при движении бруска не скользит по столу. Толщиной доски пренебречь, ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

◇ 7.52 [ЕГЭ] На горизонтальной плоскости стоит клин массой M с углом при основании $\alpha = 30^\circ$. Вдоль наклонной плоскости клина расположена лёгкая штанга, нижний конец которой укреплён в шарнире, находящемся на горизонтальной плоскости, а к верхнему концу прикреплён маленький шарик массой m , касающийся клина (см. рисунок). Систему освобождают, и она начинает движение, во время которого шарик сохраняет контакт с клином. На какой максимальный угол β штанга отклонится от горизонтали после того, как клин отъедет от неё? Трением пренебречь, удар шарика о горизонтальную плоскость считать абсолютно упругим.

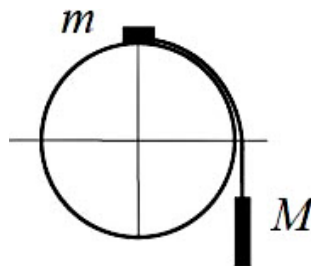


7.53 [ЕГЭ] Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол 60° и отпускают. В момент прохождения шаром положения равновесия в него попадает пуля массой 10 г, летящая навстречу шару со скоростью 300 м/с. Она пробивает его и вылетает горизонтально со скоростью 200 м/с, после чего шар продолжает движение в прежнем направлении. На какой максимальный угол отклонится шар после попадания в него пули? Массу шара считать неизменной, диаметр шара пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити.

7.54 Свинцовый шар массы $M = 500$ г, движущийся со скоростью $v = 10$ м/с, соударяется с неподвижным шаром из воска, имеющим массу $m = 200$ г, после чего оба шара движутся вместе поступательно. Найти кинетическую энергию W_k шаров после соударения.

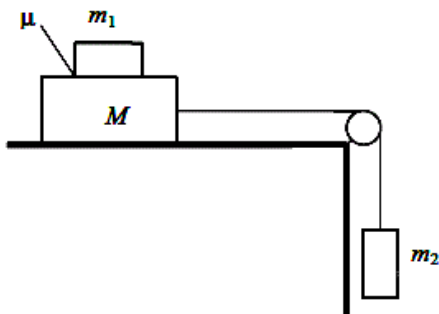
7.55 [ЕГЭ] На космическом аппарате, находящемся вдали от Земли, начал работать реактивный двигатель. Из сопла ракеты каждую секунду выбрасывается 2 кг газа ($\Delta m / \Delta t = 2$ кг/с) со скоростью $v = 500$ м/с. Исходная масса аппарата $M = 500$ кг. Какой будет скорость v_1 аппарата через $t = 6$ с после старта? Начальную скорость аппарата принять равной нулю. Изменением массы аппарата за время движения пренебречь.

◇ **7.56** [ЕГЭ] Система из грузов массами m и M и связывающей их лёгкой нерастяжимой нити в начальный момент покоится в вертикальной плоскости, проходящей через центр закреплённой сферы. Груз t находится в точке A на вершине сферы (см. рисунок). В ходе возникшего движения груз t отрывается от поверхности сферы, пройдя по ней дугу 30° . Найдите массу t , если $M = 100$ г. Размеры груза t ничтожно малы по сравнению с радиусом сферы. Трением пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузы.



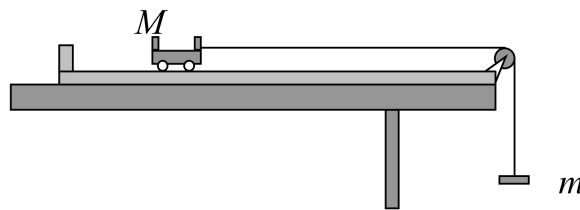
7.57 [ЕГЭ] На космическом аппарате, находящемся вдали от Земли, начал работать реактивный двигатель. Из сопла ракеты каждую секунду выбрасывается 2 кг газа ($\Delta m/\Delta t = 2$ кг/с) со скоростью $v = 500$ м/с. Исходная масса аппарата $M = 500$ кг. Какую скорость приобретёт аппарат, пройдя расстояние $S = 36$ м? Начальную скорость аппарата принять равной нулю. Изменением массы аппарата за время движения пренебречь.

◇ **7.58** [ЕГЭ] Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола — горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 равен $\mu = 0,3$. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 2,4$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на грузы.



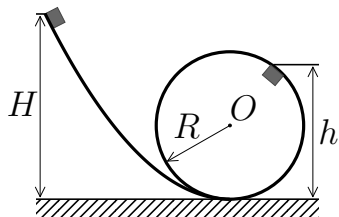
7.59 [Б-4.19] На концах и в середине невесомого стержня длиной l расположены одинаковые шарики. Стержень ставят вертикально и отпускают. Считая, что трение между плоскостью и нижним шариком отсутствует, найти скорость верхнего шарика в момент удара о горизонтальную поверхность.

◇ **7.60** [ЕГЭ] В установке, изображённой на рисунке, масса грузика t подобрана так, что первоначально покоящаяся тележка после толчка вправо движется равномерно по поверхности трибометра. Во сколько раз масса грузика t меньше массы тележки M , если после толчка влево тележка движется с ускорением 2 м/с²? Блок идеален. Нить невесома и нерастяжима. Силу сопротивления движению тележки считать постоянной и одинаковой в обоих случаях.



7.61 [ЕГЭ] В аттракционе человек массой 70 кг движется на тележке по рельсам и совершает «мёртвую петлю» в вертикальной плоскости. Каков радиус круговой траектории, если в верхней точке сила давления человека на сидение тележки равна 700 Н при скорости движения тележки 10 м/с?

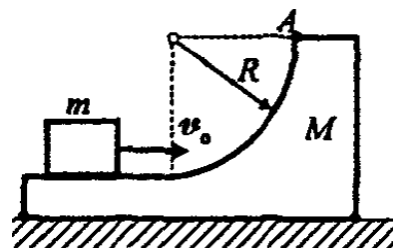
◇ **7.62** [ЕГЭ] Небольшой кубик массой $m = 1,5$ кг начинает скользить с нулевой начальной скоростью по гладкой горке, переходящей в «мёртвую петлю» радиусом $R = 1,5$ м (см. рисунок). С какой высоты H был отпущен кубик, если на высоте $h = 2$ м от нижней точки петли сила давления кубика на стенку петли $F = 4$ Н? Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



7.63 Начальная скорость пули 600 м/с, её масса 10 г. Под каким углом к горизонту она вылетела из дула ружья, если её кинетическая энергия в высшей точке траектории равна 450 Дж?

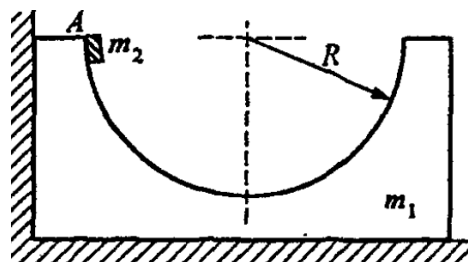
7.64 Груз массой 25 кг висит на шнуре длиной 2,5 м. На какую наибольшую высоту можно отвести в сторону груз, чтобы при дальнейших свободных колебаниях шнур не оборвался? Максимальная сила натяжения, которую выдерживает шнур, не обрываясь, равна 550 Н.

◇ **7.65** [Б-5.3] Преграда массой $M = 10$ кг, имеющая цилиндрическую поверхность с радиусом $R = 0,2$ м, расположена на горизонтальной плоскости. Тело массой $m = 1$ кг с начальной горизонтальной скоростью $v_0 = 3$ м/с, скользя, поднимается по цилиндрической поверхности. Определить скорость тела на высоте, равной радиусу R (в точке A). Трением пренебречь.



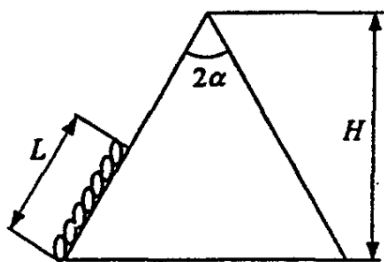
7.66 Пружинное ружье выстреливает шарик вертикально вверх на высоту 30 см, если пружина сжата на 1 см. Какова начальная скорость полёта шарика? На какую высоту поднимается шарик, если эту пружину сжать на 3 см?

◇ **7.67** [Б-5.4] На гладкой горизонтальной поверхности около стенки стоит симметричный брусок массой m_1 с углублением полусферической формы радиусом R . Из точки A без трения соскальзывает маленькая шайба массой m_2 . Найти максимальную скорость бруска при его последующем движении.



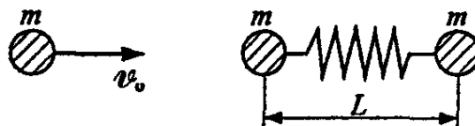
7.68 Ядро массой 15 кг, летевшее горизонтально со скоростью 10 м/с, разорвалось на два осколка. Скорость осколка массой 5 кг равна 70 м/с и направлена так же, как и скорость ядра до разрыва. Найдите скорость и направление движения большего осколка.

◇ **7.69** [Б-5.5] Гибкая однородная цепь длиной L может двигаться по жёлобу, имеющему форму равнобедренного треугольника с углом 2α при вершине

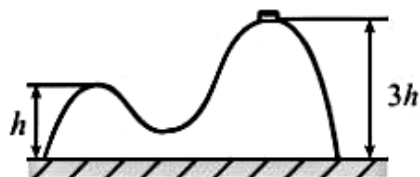


и расположенному в вертикальной плоскости. Трение отсутствует, предполагается, что цепь прилегает к жёлобу. Найти наименьшую начальную скорость цепи, необходимую для преодоления такой горки. В начальный момент времени положение цепи показано на рисунке.

◇ **7.70** [Б-5.6] Два шарика с одинаковой массой m соединены невесомой пружиной жёсткости k и длиной L и лежат неподвижно на гладком горизонтальном столе. Третий шарик массой m движется со скоростью v_0 по линии, соединяющей центры первых двух, и упруго соударяется с одним из них. Предполагая, что время соударения шариков мало по сравнению с временем деформации пружины, определить максимальное расстояние между первыми двумя шариками при их дальнейшем движении.



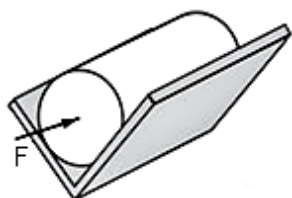
◇ **7.71** [ЕГЭ] Горка с двумя вершинами, высоты которых h и $3h$, покоится на гладкой горизонтальной поверхности стола (см. рисунок). На правой



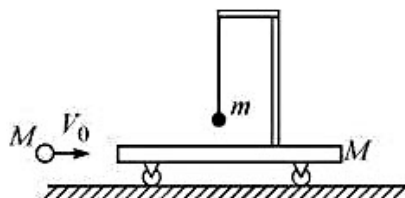
вершине горки находится шайба, масса которой в 12 раз меньше массы горки. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причём шайба движется влево, не отрываясь от гладкой

поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Найдите скорость горки в тот момент, когда шайба окажется на левой вершине горки.

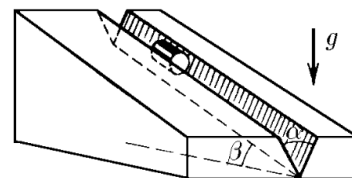
7.72 [ЕГЭ] Полый конус с углом при вершине 2α вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, совпадающей с его осью симметрии. Вершина конуса обращена вверх. На внешней поверхности конуса находится небольшая шайба, коэффициент трения которой о поверхность конуса равен μ . При каком максимальном расстоянии L от вершины шайба будет неподвижна относительно конуса? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шайбу.



К задаче 7.73



К задаче 7.74



К задаче 7.75

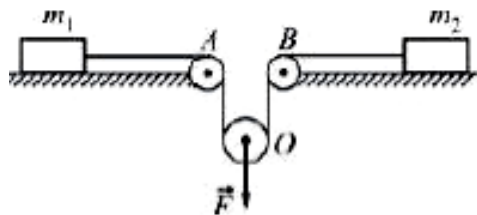
◇ **7.73** [ЕГЭ] Из двух ровных досок сделан жёлоб, представляющий собой двугранный угол с раствором $2\alpha = 90^\circ$. Жёлоб закреплён так, что его ребро горизонтально, а доски симметричны относительно вертикали. В жёлобе на боковой поверхности лежит цилиндр массой $m = 1$ кг. Коэффициент трения между досками и цилиндром равен $\mu = 0,2$. К торцу цилиндра приложена горизонтально направленная сила $F = 3$ Н. Найдите модуль ускорения цилиндра.

◇ **7.74** [ЕГЭ] На тележке массой $M = 400$ г, которая может кататься без трения по горизонтальной плоскости, имеется лёгкий кронштейн, на котором подвешен на нити маленький шарик массой $m = 100$ г. На тележку по горизонтали налетает и абсолютно упруго сталкивается с ней шар массой M , летящий со скоростью $V_0 = 2$ м/с (см. рисунок). Чему будет равен модуль скорости тележки в тот момент, когда нить, на которой подвешен шарик, отклонится на максимальный угол от вертикали? Длительность столкновения шара с тележкой считать очень малой.

◇ **7.75** [с-2.1.24] Цилиндр скользит по жёлобу, имеющему вид двугранного угла с раствором α . Ребро двугранного угла наклонено под углом β к горизонту. Плоскости двугранного угла образуют одинаковые углы с горизонтом. Определите ускорение цилиндра. Коэффициент трения между цилиндром и поверхностью жёлоба μ .

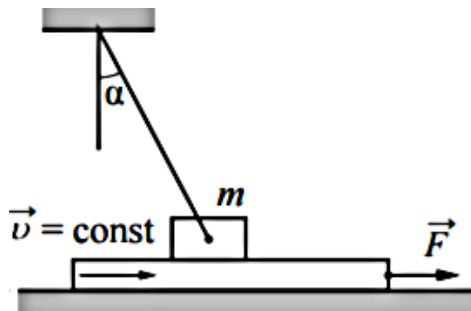
7.76 [ЕГЭ] Два абсолютно упругих шарика подвешены на длинных нерастяжимых вертикальных нитях одинаковой длины так, что центры шариков находятся на одной высоте и шарики касаются друг друга. Вначале отклоняют в сторону в плоскости нитей лёгкий шарик, отпускают его, и после лобового удара о тяжёлый шар лёгкий шарик отскакивает и поднимается на некоторую высоту h . Затем такой же опыт проводят, отклоняя из начального положения на ту же высоту тяжёлый шар. Во сколько раз высота подъёма лёгкого шарика после удара по нему тяжёлым шаром будет отличаться от той, что была в первом случае? Масса лёгкого шарика намного меньше массы тяжёлого, потерями энергии можно пренебречь. Ответ поясните, опираясь на законы механики.

◇ **7.77** [ЕГЭ] На гладкой горизонтальной плоскости лежат два груза массами $m_1 = 0,5$ кг и $m_2 = 2$ кг, соединённые невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через два неподвижных (A и B) и один подвижный (O) невесомые блоки, как показано на рисунке. Оси блоков горизонтальны, трения в осях блоков нет. К оси O подвижного блока приложена направленная вертикально вниз сила $F = 4$ Н. Найдите ускорение этой оси. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузы и блок.

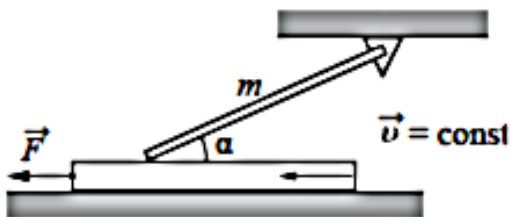


7.78 [ЕГЭ] Два одинаковых груза массой $M = 100$ г каждый подвешены на концах невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый блок с неподвижной осью. На один из них кладут перегрузок массой $m = 20$ г, после чего система приходит в движение. Найдите модуль силы F , действующей на ось блока во время движения грузов. Трением пренебречь.

◇ **7.79** [ЕГЭ] Брусек массой $m = 1$ кг, привязанный к потолку лёгкой нитью, опирается на массивную горизонтальную доску. Под действием горизонтальной силы $\vec{F}$ доска движется поступательно вправо с постоянной скоростью. Брусек при этом неподвижен, а нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$ (см. рисунок). Найдите F , если коэффициент трения бруска по доске $\mu = 0,2$. Трением доски по опоре пренебречь.

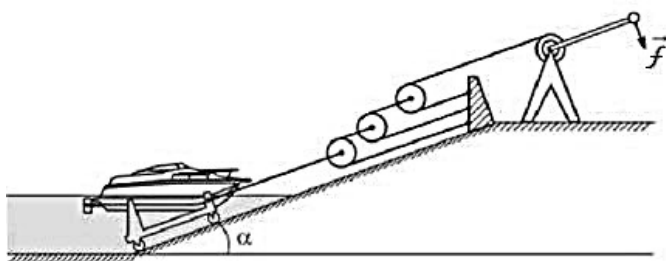


◇ **7.80** [ЕГЭ] Однородный тонкий стержень массой $m = 1$ кг одним концом шарнирно прикреплен к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол $\alpha = 30^\circ$. Под действием горизонтальной силы F доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите F , если коэффициент трения стержня по доске $\mu = 0,2$. Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь.



7.81 [ЕГЭ] С высоты H над землёй начинает свободно падать стальной шарик, который через время $t = 0,4$ с сталкивается с плитой, наклонённой под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. После абсолютно упругого удара он движется по траектории, верхняя точка которой находится на высоте $h = 1,4$ м над землёй. Чему равна высота H ? Сделайте схематический рисунок, поясняющий решение.

◇ **7.82** [ЕГЭ] На зиму в подмосковном яхт-клубе катера и яхты вытаскивают на берег по бетонному «слипу», то есть по наклонной плоскости, уходящей под воду. Под плавающее судно помещают под водой лёгкую тележку, кото-



рая практически без трения может кататься по слипу, и при помощи лебёдки и системы блоков вытаскивают судно, поднимая его над уровнем воды (см. рисунок). Найдите максимальную силу f , которую необходи-

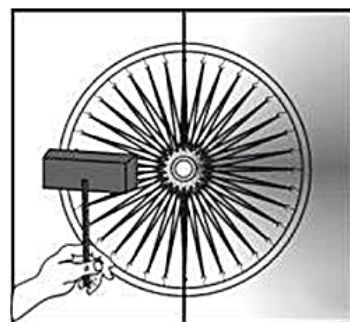
мо прикладывать к ручке лебёдки, чтобы медленно вытащить из воды судно водоизмещением 10 т при помощи показанной на рисунке системы простых механизмов, если лебёдка даёт выигрыш в силе в $n = 5$ раз, а угол наклона слипа к горизонту равен $\alpha = 0,1$ рад. Трением можно пренебречь.

7.83 [ЕГЭ] С высоты $H = 2$ м над землёй начинает свободно падать стальной шарик, который через время $t = 0,4$ с сталкивается с плитой, наклонённой под углом α к горизонту. После абсолютно упругого удара он движется по траектории, верхняя точка которой находится на высоте $h = 1,4$ м над землёй. Под каким углом наклонена плита? Сделайте схематический рисунок, поясняющий ход решения.

8 Качественные задачи

8.1 [ЕГЭ] Деревянный брусок плавает на поверхности воды в миске. Миска покоится на поверхности Земли. Что произойдёт с глубиной погружения бруска в воду, если миска будет стоять на полу лифта, который движется с ускорением, направленным вертикально вверх? Ответ поясните, используя физические закономерности.

◇ **8.2 [ЕГЭ]** Велосипедное колесо, у которого вместо металлических спиц обод удерживают натянутые резинки, установлено в вертикальной плоскости и может свободно вращаться вокруг своей горизонтальной оси, зажатой в штативе. К неподвижному колесу подносят слева мощную лампу и начинают нагревать резиновые «спицы» (см. рисунок). Резина, в отличие от металла, при нагревании не расширяется, а сжимается. Опишите, опираясь на известные физические законы, что будет происходить с резинками, и как колесо будет двигаться.

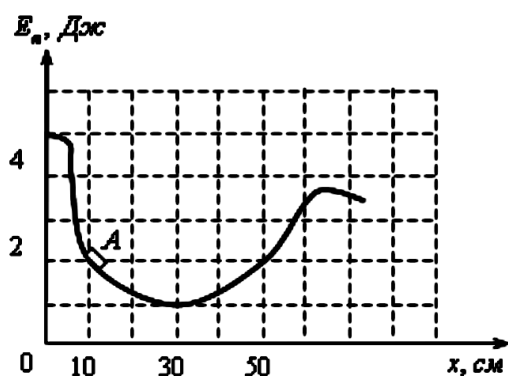


◇ **8.3 [ЕГЭ]** Маленькая шайба движется из состояния покоя по неподвижной гладкой сферической поверхности радиусом R . Начальное положение шайбы находится на высоте $R/2$ относительно нижней точки поверхности.

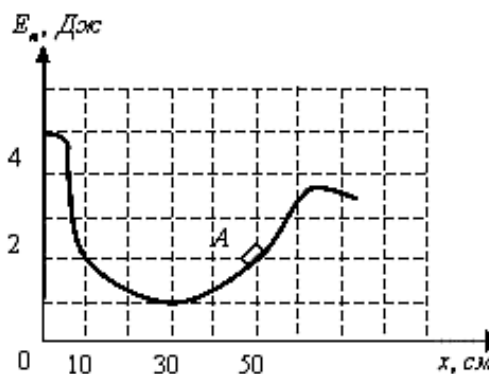


Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шайбу в момент, когда она движется вправо-вверх, находясь на высоте $R/6$ над нижней точкой поверхности (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шайбы (по радиусу поверхности, по касательной к поверхности, внутрь поверхности, наружу от поверхности). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.

8.4 Как направлена сила трения, действующая на ведущие колеса автомобиля, при разгоне (а), торможении (б), повороте (в)? Равна ли эта сила своему максимальному значению μN (μ — коэффициент трения, N — сила реакции полотна дороги)? Если да, то в каких ситуациях? Хорошо или плохо, если сила трения достигает своего максимального значения?



К задаче 8.5



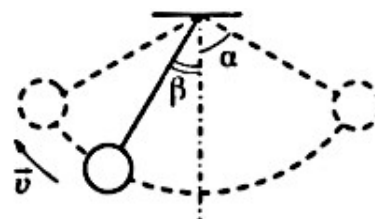
К задаче 8.6

◇ **8.5** [ЕГЭ] После толчка льдинка закатилась в яму с гладкими стенками, в которой она может двигаться практически без трения. На рисунке приведён график зависимости энергии взаимодействия льдинки с Землёй от её координаты в яме. В некоторый момент времени льдинка находилась в точке A с координатой $x = 10$ см и двигалась влево, имея кинетическую энергию, равную 2 Дж. Сможет ли льдинка выскользнуть из ямы? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

◇ **8.6** [ЕГЭ] После толчка льдинка закатилась в яму с гладкими стенками, в которой она может двигаться практически без трения. На рисунке приведён график зависимости энергии взаимодействия льдинки с Землёй от её координаты в яме. В некоторый момент времени льдинка находилась в точке A с координатой $x = 50$ см и двигалась влево, имея кинетическую энергию, равную 2 Дж. Сможет ли льдинка выскользнуть из ямы? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

◇ **8.7** [ЕГЭ] Маленький шарик, подвешенный к потолку на лёгкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол $\alpha = 60^\circ$.

Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется влево вверх, а нить образует угол $\beta = 30^\circ$ с вертикалью (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



8.8* Какой автомобиль при одинаковой мощности мотора может развивать на дороге большую мощность, переднеприводный или заднеприводный? Считать, что масса автомобиля распределена равномерно, а центр его тяжести находится посередине.

ОТВЕТЫ

$$1.1 \quad v_{\text{cp}} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$1.2 \quad v_{\text{cp}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}$$

$$1.3 \quad v_{\text{sa}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = 48 \text{ км/ч}, \quad v_{\text{сб}} = \frac{4v_1v_2}{3v_1 + 2v_2} = 40 \text{ км/ч}, \quad \vec{v}_{\text{ср а}} = \vec{v}_{\text{ср б}} = 0$$

$$1.4 \quad v_{\text{cp}} = \frac{2v_1(v_2 + v_3)}{2v_1 + v_2 + v_3} = 7,5 \text{ км/ч}$$

$$1.5 \quad v_1 = 4\sqrt{2} \text{ м/с}, \quad v_2 = 4 \text{ м/с}, \quad v_3 = \frac{4\sqrt{2}}{3} \text{ м/с}, \quad v_4 = 0$$

$$1.6 \quad v_{\text{cp}} = 26,46 \text{ м/с}$$

$$1.7 \quad v_{\text{cp}} = \frac{40\sqrt{3}}{3} \text{ м/с}$$

$$1.17 \quad t_{\text{под}} = \frac{v_0}{g}, \quad h_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g}, \quad t_{\text{пол}} = \frac{2v_0}{g}, \quad \vec{v}_{\text{к}} = -\vec{v}_0.$$

$$1.18 \quad t_{\text{под}} = \frac{v_0}{g}, \quad h_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g}, \quad t_{\text{пол}} = \frac{2v_0}{g}, \quad \vec{v}_{\text{к}} = -\vec{v}_0.$$

$$1.21 \quad h = \frac{3v_0^2}{8g} = 3,75 \text{ м}$$

$$1.22 \quad v_0 = c + \frac{gH}{2c} = 350 \text{ м/с}$$

$$1.23 \quad \tau = \frac{h}{v} - \frac{v}{g} \left(\sqrt{1 + \frac{2gh}{v^2}} - 1 \right) = 3,2 \text{ с}$$

1.24 25 м

1.25 $h = \frac{3v_0^2}{8g} \approx 0,37 \text{ м}$

1.26 $a = \frac{v_0^2}{2l} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}^2$; $t = \frac{v_0}{a} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ с}$; $l_1 = \frac{15}{16} \cdot l = 0,3 \text{ м}$

1.28 $V_1 = V \sqrt{1 - \frac{l_1}{l}} = V \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 280 \text{ м/с}$

1.29 $t_0 = \frac{\tau}{1 - \sqrt{1 - \alpha}} = 4 \text{ с}$, $H = \frac{gt_0^2}{2} = 78,5 \text{ м}$

1.30 $\tau = \sqrt{\frac{2}{g}} (\sqrt{H} - \sqrt{H - l}) = 0,15 \text{ с}$

1.31 $t = \frac{5\tau}{4}$

1.32 $t = \frac{(n+1)\tau}{2}$

1.33 10 м

1.34 $\Delta r = 126,4 \text{ м}$; $v = 50,6 \text{ м/с}$

1.35 $H = \frac{a\tau^2}{2} + \frac{v_0^2}{2g} = 30 \text{ м}$, $t_0 = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gH_0}}{g} \approx 3,5 \text{ с}$,
 $v_k = -\sqrt{v_0^2 + 2gH} = 24,3 \text{ м/с}$, где $v_0 = a\tau = 10 \text{ м/с}$.

1.36 $v_0 = \frac{t_1 + t_2}{t_1 t_2} \cdot l = 0,45 \text{ м/с}$, $a = \frac{2l}{t_1 t_2} = 0,3 \text{ м/с}^2$

1.37 $\tau = \tau_1 \cdot (\sqrt{7} - \sqrt{6}) = 1,96 \text{ с}$

1.38 $\tau_2 = \tau_1 (\sqrt{2} - 1) \approx 2,1 \text{ с}$

1.39 $a = \frac{8L(t_2 - t_1)^2}{(2t_1 t_2 + t_2^2 - t_1^2)^2} \approx 0,25 \text{ м/с}^2$

1.40 $\tau = \frac{t_2^2 + 2t_1 t_2 - t_1^2}{2(t_1 - t_2)} = 63,5 \text{ с}$

$$1.41 \quad v_k = \frac{3S}{2\tau}$$

$$1.42 \quad t_1 = \sqrt{\frac{2gh}{a(g+a)}} = 400 \text{ с}$$

$$1.43 \quad v_0 = \sqrt{2La} = 20 \text{ м/с}$$

$$1.44 \quad v = 30 \text{ м/с}$$

$$1.45 \quad S = \frac{V_1 V_2 (2t_1 + t_2)}{2(V_2 - V_1)} = 4800 \text{ м}$$

$$1.46 \quad \Delta v_2 = (\sqrt{2} - 1) \cdot \Delta v_1 = 4,1 \text{ м/с}$$

$$1.47 \quad a_1 = \frac{\Delta v_1^2}{2S} = 0,05 \text{ м/с}^2; \quad a_2 = \frac{\Delta v_2^2 + 2\Delta v_1 \Delta v_2}{2S} = 0,0625 \text{ м/с}^2; \quad S = 1000 \text{ м}; \\ a_2 > a_1$$

$$1.48 \quad t = \frac{\tau}{g} \sqrt{a^2 + ag} = 2,45 \text{ мин}$$

$$1.49 \quad \tau = t \left(\frac{a}{g} + \sqrt{\frac{a}{g} \left(1 + \frac{a}{g} \right)} \right) \approx 630 \text{ с} = 10,5 \text{ мин}$$

$$1.50 \quad \tau = \frac{v_0}{g} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2g(H-h)}{v_0^2}} - 2\sqrt{1 - \frac{2gh}{v_0^2}} \right) = 0,8 \text{ с}$$

$$1.51 \quad v_0 = \sqrt{2(H-h)(g-a)} = 6 \text{ м/с}^2$$

$$1.52 \quad \tau = \frac{d}{gt} - \frac{t}{2} = 1,5 \text{ с}$$

$$1.53 \quad S = \frac{3v_0^2}{8g} = 0,9375 \text{ м}$$

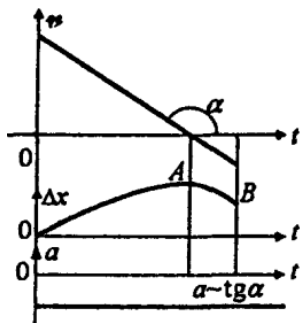
$$1.54 \quad t_b = \frac{v_0}{g} + \frac{\tau}{2} = 6 \text{ с}, \quad H_b = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g\tau^2}{8} = 120 \text{ м}$$

$$1.59 \quad -2 \text{ м/с}^2$$

$$1.63 \quad 600 \text{ м}$$

$$1.66 \quad \Delta x = \pi u T / 4$$

1.67 OAB — парабола, A — вершина параболы.



1.68 6,125 м

1.69 5 м/с

1.70 $y = 2x - 3$, траектория — прямая, $v = \sqrt{5}$ м/с

1.71 $v = 30$ см/с, $a = 90$ см/с², траектория — окружность

1.72

1. $v_x = -2$ м/с,
2. $a_x = 0$,
3. $L(10 \text{ с}) = 20$ м,
4. $|\vec{S}(10 \text{ с})| = 20$ м,
5. $x(10 \text{ с}) = -16$ м,
6. $x_0 = 4$ м

1.73

1. $v_y = 4$ м/с,
2. $a_y = -4$ м/с²,
3. $y_0 = 7$ м
4. $y(2 \text{ с}) = 7$ м,
5. $\vec{S}(2 \text{ с}) = \vec{0}$,
6. $L(2 \text{ с}) = 4$ м

1.74 $t_{\text{пол}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, $l = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$, $v_{\text{к}} = \sqrt{2gh + v_0^2}$, $\text{tg } \beta = \frac{\sqrt{2gh}}{v_0}$, $y(x) = h - \frac{gx^2}{2v_0^2}$

1.77 55,9 м/с

1.78 $v_0 = \frac{\sqrt{2gh}}{\text{tg } \beta}$, $l = \frac{2h}{\text{tg } \beta}$

1.79 15 см

1.80 26,25 м/с

1.83 $t_{\text{под}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$, $t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$, $h_{\text{max}} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$, $l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$, $v_{\text{к}} = v_0$,
 $\beta = \alpha$,
 $y = \operatorname{tg} \alpha \cdot x - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$

1.84 При $v_0^2 \sin^2 \alpha < 2gh$: корней нет; при $v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh$: $\tau = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$; при
 $v_0^2 \sin^2 \alpha > 2gh$: $\tau = \frac{v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}}{g}$

1.85 $l = 4h \cdot \operatorname{ctg} \alpha$

1.86 $\operatorname{tg} \alpha = 4$

1.87 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{n}$

1.88 $\frac{h_1}{h_2} = \operatorname{tg}^2 \alpha$, $S_1 = S_2$

1.89 $S_1 = \frac{v_1 S}{v_1 + v_2} - \frac{g\alpha S^2}{2(v_1 + v_2)^2} = 60 \text{ см}$; $S_2 = 70 \text{ см}$

1.90 $\frac{v_0^2}{2g} (\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \varphi) \approx 42,5 \text{ м}$

1.91 $h = \frac{g\tau^2}{8}$

1.92 25 с или 41 с

1.93 $v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$

1.94 $v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$

1.95 $v_1 = \sqrt{v_0^2 + g^2 t_1^2 - 2gt_1 \sqrt{2gH}}$

$$1.96 \quad H = \frac{(v_0^2 - v_1^2 + g^2 t_1^2)^2}{8g^3 t_1^2}$$

$$1.97 \quad \tau = \sqrt{\frac{v_0^2 \pm \sqrt{v_0^4 - 4g^2 L^2}}{2g^2}}; \quad \tau_1 = 2,0 \text{ с}, \quad \tau_2 = 1,5 \text{ с}$$

$$1.98 \quad l = \frac{2(g\tau - v_{1y})^2}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

$$1.99 \quad S_{\max} = 314 \text{ м}^2$$

$$1.100 \quad v_0 = \sqrt{\frac{l(a+g)}{\sin 2\alpha}}$$

$$1.101 \quad v_0 = \sqrt{v_c + 2gh}, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{2gh}}{v_c}$$

$$1.102 \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{(v_0^2 \pm \sqrt{D})}{gS} \quad \text{где } D = v_0^4 - g(gS^2 + 2v^2 H).$$

$D < 0$ — цель недостижима; $D > 0$ — две траектории: навесная и настильная.

$$1.103 \quad l = \frac{gt_{\text{пол}}^2}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

$$1.104 \quad l = \frac{gt^2}{4} \cdot \operatorname{ctg} \left[\arccos \left(\frac{v_{\min}}{v_{\max}} \right) \right]$$

$$1.105 \quad \sqrt{v_0^2 \tau^2 + \frac{g^2 \tau^4}{4} - v_0 g \tau^3 \sin \alpha}$$

$$1.106 \quad v = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha - g\tau)^2}$$

$$1.107 \quad t_0 = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}, \quad S = v_0 \cos \alpha \cdot t_0, \quad v_k = \sqrt{v_0^2 + 2gH}$$

$$1.108 \quad \tau = 1 \text{ с}$$

$$1.110 \quad \tau = \frac{v_0 \sin \alpha + v_k \cos \alpha}{g}$$

$$1.112 \quad \alpha = \operatorname{arctg}(H/l) = 60^\circ$$

$$1.113 \quad \tau = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}, \quad h = \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{2g}, \quad l = \frac{2v_0^2 \sin^2 \alpha (\operatorname{ctg} \alpha + a/g)}{g}$$

$$1.114 \quad S = \frac{v_0^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha \left(1 + \sqrt{1 - \frac{2g(H-h)}{v_0^2 \sin^2 \alpha}} \right) \approx 1,81 \text{ м}$$

$$1.115 \quad L_2 = L_1 \frac{\sin 2\alpha_2}{\sin 2\alpha_1} = 10 \text{ км}$$

$$1.116 \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha, \quad v_0 = \sqrt{\frac{gL}{2} (4 \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha)}$$

$$1.117 \quad l = v_0 \tau \sqrt{1 - \frac{3g\tau}{v_0} \sin \alpha + \left(\frac{3g\tau}{2v_0} \right)^2} \approx 1877 \text{ м}$$

$$1.118 \quad \alpha = \arccos \left(\cos \beta \sqrt{1 + \frac{2g\Delta h}{V_0^2}} \right) = 45^\circ$$

$$1.119 \quad l = \frac{2v_0^2}{3g}$$

$$1.120 \quad \tau = \frac{2v_0}{g \cos \alpha}, \quad l = \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha}$$

$$1.121 \quad \alpha = \operatorname{arctg} k = 60^\circ$$

$$1.122 \quad l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2gh}{v_0^2 \sin^2 \alpha}} \right) = 5 \text{ м}$$

$$1.123 \quad \tau = \sqrt{8h/g}, \quad l = 8h \sin \alpha$$

$$1.124 \quad v = \sqrt{v_0^2 - 2gS \operatorname{tg} \alpha + \frac{g^2 S^2}{v_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)} \approx 7,6 \text{ м/с}^2,$$

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{gS}{v_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) \right) \approx 22^\circ$$

$$1.125 \quad L = 2\sqrt{h(H-h)}$$

$$1.126 \quad \beta = \arcsin \left(\sqrt{\frac{h}{h+H}} \cdot \cos \alpha \right) = 30^\circ$$

$$1.127 \quad \beta = \arcsin \left(\frac{\cos \alpha}{1 + 2gh/v_0^2} \right) = 30^\circ$$

$$1.128 \quad h = l \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{gl^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \approx 2 \text{ м}$$

$$1.129 \quad N = \frac{v}{d} \sqrt{\frac{2H}{g}} \approx 89$$

$$1.130 \quad L_n = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} (\sqrt{n-1} + \sqrt{n})$$

$$1.131 \quad V_0 = \frac{l}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{2g}{h + 2l \operatorname{tg} \alpha}} \approx 10 \text{ м/с}$$

$$1.132 \quad S = \frac{4h}{\cos \alpha} (\sin 2\alpha \cos 2\alpha + \operatorname{tg} \alpha \sin^2 2\alpha) = 8h \sin \alpha = 4h\sqrt{2} \approx 2,83 \text{ м}$$

$$1.133 \quad 90 \text{ см}$$

$$1.134 \quad \tau = \frac{v_0 \sin \alpha (v_0 \cos \alpha + 2u)}{g (v_0 \cos \alpha + u)}$$

$$1.135 \quad 6 \text{ м}$$

$$1.136 \quad 8 \text{ м}$$

$$1.138 \quad \approx 2,9 \text{ м}$$

$$1.139 \quad 6 \text{ с}$$

$$1.140 \quad l_1 \approx 39 \text{ м}; \quad l_2 \approx 40 \text{ м}$$

$$1.141 \quad 10 \text{ м/с}$$

$$1.142 \quad \operatorname{arctg} \sqrt{n}, \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

$$1.143 \quad N = \frac{2v_0^2}{gh}$$

$$1.144 \quad \operatorname{tg} \alpha = \left(\frac{h}{a} \cdot \frac{2a + L}{a + L} \right)$$

$$1.145 \quad 25 \text{ м/с}$$

1.146 $\alpha > 45^\circ$

1.147 $\tau = \frac{v_0}{g \sin \alpha}$

1.148 $\tau = \frac{v_0}{2g} \left(3 \sin \alpha \pm \sqrt{9 \sin^2 \alpha - 8} \right), \quad \alpha \geq \arcsin \left(\frac{2\sqrt{2}}{3} \right)$

1.149 $\alpha = \arcsin \sqrt{8/9}$

1.150 1,07

1.151 $y_1 = y_2 = 10 \text{ м}, x_1 = 7,3 \text{ м}, x_2 = 27,3 \text{ м}$

1.152 $v_0 = 10 \text{ м/с}$

1.153 10,56 с

1.154 $\operatorname{tg} \alpha = \left(\frac{h}{a} \cdot \frac{2a + L}{a + L} \right)$

1.155 25 м/с

1.156 $\alpha > 45^\circ$

1.157 0,05

1.158 96 об/мин

1.159 а) $v = 465 \text{ м/с}, a = 0,034 \text{ м/с}^2$, б) $v = 232 \text{ м/с}, a = 0,017 \text{ м/с}^2$,
в) $v = 0, a = 0$

1.160 0,41 с

1.161 $\alpha = \operatorname{arctg} 4\pi$

1.162 $2\pi R$

1.163 $v = \sqrt{\pi R g}$

1.164 $h = R + \frac{v^2}{2g} + \frac{gR^2}{2v^2}$

1.165 $a_n = \varepsilon^2 t_1^2 R = \frac{V_5^4 t_1^2}{16\pi^2 N_5^2 R^3}, \text{ где } \varepsilon = \frac{V_5^2}{4\pi N_5 R^2}$

$$1.166 \quad t_2/t_1 = \pi$$

$$1.167 \quad S = 2\sqrt{R^2 + \frac{2hV^2}{g}} \cdot \sin\left(\frac{V\tau}{2R}\right) \approx 2 \text{ км}$$

$$1.168 \quad \varepsilon = \frac{\operatorname{tg} \beta}{t^2} = 0,43 \text{ рад/с}$$

$$1.169 \quad t = \frac{2SV}{V^2 - U^2} = 6 \text{ ч } 15 \text{ мин}$$

$$1.170 \quad v = \frac{S(t_1 + t_2)}{2t_1t_2}, \quad u = \frac{S(t_2 - t_1)}{2t_1t_2}$$

$$1.171 \quad t_{\text{пп}} = t_{\text{по}} \cdot \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}$$

$$1.172 \quad t_{\text{по}} = \frac{lt_{\text{пп}}}{2ut_{\text{пп}} + l} = 2 \text{ ч } 40 \text{ мин}$$

$$1.173 \quad t_{\text{ч}} = \frac{t_3 t_{\text{чэ}}}{t_3 - t_{\text{чэ}}}$$

$$1.174 \quad t_0 = \frac{(\alpha - 1)t_1t_2}{\alpha t_2 - t_1}$$

$$1.176 \quad u = 5 \text{ км/ч}$$

$$1.177 \quad t = \frac{2s_0}{v_1 - v_2}, \quad s = 2s_0 \left(1 + \frac{v_2}{v_1}\right)$$

$$1.178 \quad \frac{v}{u} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_2 - \Delta t_1} = 7$$

$$1.179 \quad \tau = \frac{2lv}{v^2 - u^2} = 6,4 \text{ мин}$$

$$1.180 \quad l' = l(v - u)/(v + u)$$

$$1.181 \quad V = \sqrt{v^2 + u^2 - 2uv \cos \alpha} \approx 19,3 \text{ м/с}$$

$$1.185 \quad \alpha = \arccos\left(\frac{u}{v} \cos 45^\circ\right), \quad V = v\sqrt{1 - \left(\frac{u}{v} \cos 45^\circ\right)^2} - u \sin 45^\circ \approx 221 \text{ км/ч}$$

$$1.189 \quad u = v \cdot \frac{\sqrt{t_2^2 - t_1^2}}{t_2} = 72 \text{ км/ч}$$

$$1.190 \quad \alpha = \frac{t_2}{t_2^2 - t_1^2} = \frac{5}{3}$$

$$1.191 \quad \alpha = \pi/2$$

$$1.192 \quad t = L/v, \quad x = Lu/v = tv, \quad V = \sqrt{v^2 + u^2}, \quad \operatorname{tg} \alpha = v/u$$

$$1.193 \quad \alpha = \arccos(u/v) \text{ при } v > u, \quad \alpha = \arccos(v/u) \text{ при } v < u$$

$$1.194 \quad v = 5,8 \text{ м/с}$$

$$1.195 \quad 30 \text{ км/ч}$$

$$1.196 \quad u = 10\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$1.197 \quad 78,1 \text{ км/ч}$$

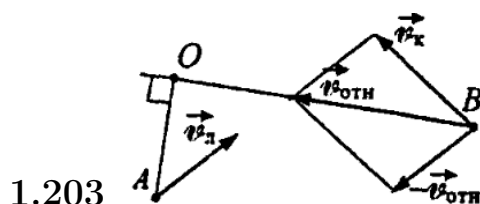
$$1.198 \quad 122 \text{ км/ч}$$

$$1.199 \quad u = v/\sin \alpha$$

$$1.200 \quad n_0 = \frac{n_1 V_2 - n_2 V_1}{V_2 - V_1} = 100 \text{ капель/с.}$$

$$1.201 \quad V \approx 0,52 \text{ м/с}, \quad a \approx 0,88 \text{ м/с}^2$$

$$1.202 \quad 30^\circ$$



$$1.204 \quad x = 2lv \frac{v \sin \alpha + \sqrt{c^2 - v^2 \cos^2 \alpha}}{c^2 - v^2}$$

1.205 Ведро должно быть наклонено в сторону движения платформы под углом φ к вертикали: $\operatorname{tg} \varphi = u/v$

$$1.206 \quad v_B = 2v_A$$

$$1.207 \quad v_K = \omega R, \quad v_\Gamma = \omega(R - r)$$

$$1.208 \quad u = v\sqrt{3}$$

$$1.209 \quad v_B = \frac{v_A^2 t}{\sqrt{l^2 - (v_A t)^2}}$$

$$1.210 \quad v_B = \frac{v_A^2 t}{\sqrt{l^2 - (v_A t)^2}}$$

$$1.211 \quad V = \frac{h}{l} \sqrt{2g(l - h)} \approx 1,33 \text{ м/с}$$

$$1.212 \quad V_2 = V_1 \frac{\cos(180^\circ - \alpha)}{\cos \beta} = V_1 \sqrt{3} \approx 52 \text{ км/ч}$$

$$1.213 \quad \omega = \frac{V_1 \sin \alpha + \sqrt{V_2^2 - V_1^2 \cos^2 \alpha}}{l} \approx 2 \text{ рад/с}$$

$$1.214 \quad v_{\text{л}} = v / \cos \alpha$$

$$1.215 \quad v_0 = \frac{v_1 + v_2}{2}, \quad \omega = \frac{v_1 - v_2}{2R}$$

$$1.216 \quad v = 2v_0 \cos \varphi, \quad a = v_0^2 / R$$

$$1.217 \quad v_0 = v / (1 + \sin \alpha)$$

$$1.218 \quad v_A = v_C = v\sqrt{2}, \quad v_B = 2v, \quad v_D = 0$$

$$1.219 \quad V = \frac{V_0}{1 - \operatorname{tg} \alpha} = \frac{3V_0}{3 - \sqrt{3}} \approx 2,36 \text{ м/с}$$

$$1.220 \quad v_{A_1} = v/2, \quad v_{A_2} = 5v/6, \quad v_{B_2} = v\sqrt{17}/6$$

$$1.221 \quad v = v_0 \sqrt{1 - \frac{l^2}{l_0^2 \sin^2 \alpha} - \frac{2l}{l_0}}, \quad a = \frac{v_0^2 l}{l_0^2 \sin^2 \alpha}$$

$$2.1 \quad a = (F_1 - F_2)/m$$

$$2.2 \quad a = F/(m_1 + m_2); \quad T = m_2 F/(m_1 + m_2)$$

$$2.3 \quad a = \frac{F}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$2.4 \quad M_2 = \frac{T}{F - T} M_1$$

$$2.5 \quad P_1 = m(g + a) \text{ при ускорении вверх, } P_2 = m(g - a) \text{ при ускорении вниз.}$$

$$2.6 \quad 3 \dots 4 \text{ с}$$

$$2.7 \quad m_1 = \frac{2am}{a + g}$$

$$2.8 \quad \mu = \frac{at_1}{g(t - t_1)} = 0,2$$

$$2.9 \quad F = \frac{2ml}{t^2} = 0,16 \text{ Н}$$

$$2.10 \quad t = v/kg = 10 \text{ с}$$

$$2.11 \quad F_{\text{сп}} = \frac{mv}{t}$$

$$2.12 \quad \mu = \frac{(\beta - \alpha)}{\alpha(\beta - 1)} \cdot \frac{F}{mg}$$

$$2.13 \quad V_0 = \frac{Va_1}{a_1 - a_2} = 100 \text{ км/ч}$$

$$2.14 \quad T = \frac{n - k}{n} F$$

$$2.16 \quad a = g(T_2 - T_1)/(T_4 - T_3)$$

$$2.17 \quad F > \mu(m_1 + m_2)g, \quad t = \sqrt{\frac{2lm_1}{F - \mu g(m_1 + m_2)}}$$

$$2.18 \quad F_{\text{min}} = \mu mg \left(1 + \frac{m}{M}\right) \approx 6,1 \text{ Н}$$

$$2.19 \quad a = \frac{M + m}{m} \cdot g \sin \alpha, \text{ направлено вниз вдоль плоскости.}$$

$$2.20 \quad \text{Сила натяжения каната изменяется по линейному закону; в месте приложения нагрузки она равна } F, \text{ а в конце каната } - 0$$

$$2.21 \quad F_{\text{тр}} = \mu(mg - F \sin \alpha), \quad a = \frac{F}{m}(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg$$

2.22 Натяжение троса на верхнем конце $T_1 = 300$ Н, в середине $T_2 = 225$ Н, на нижнем конце $T_3 = 150$ Н

2.23 $\alpha = \operatorname{arctg}(a/g)$

2.24 $a = 0$, $T = \frac{\mu mg}{\cos \varphi + \mu \sin \varphi} = 21,4$ Н, $N = \frac{mg}{1 + \mu \operatorname{tg} \varphi} = 185,5$ Н, $F = \mu N$

2.25 $F = m_0 g / \mu$, $a = g(m - m_0) / m$

2.26 $a = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m} = 0,8$ м/с², $S = \frac{at^2}{2} = 10$ м

2.27 $t = \frac{T(m_1 + m_2)}{\alpha(2m_1 + m_2)}$

2.28 $a_1 = \frac{\mu_2 m - \mu_1(M + m)g}{M} \approx 1$ м/с², $a_2 = \frac{F}{m} - \mu_2 g \approx 15$ м/с²

$F > \frac{m(M + m)(\mu_2 - \mu_1)g}{M} = 6$ Н

2.29 $\beta = \operatorname{arctg} \left(\frac{\cos \alpha}{mg/F - \sin \alpha} \right)$

2.30 $S = \frac{\sqrt{10}}{2} \cdot \frac{F}{m} \cdot t_1^2 \approx 39,5$ м

2.31 $F \geq \frac{g}{2} \sqrt{(M - m)^2 + k^2 (M + m)^2}$

2.32 $a = \frac{(m_2 - m_1)g}{m_1 + m_2}$, $T = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$, $R = \frac{4m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$

2.33 $M_2 = \frac{T}{F - T} M_1$

2.36 $T = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (1 + k)(g + a)$ при $km_1 g < m_2 g$; $T = m_2(g + a)$ при $km_1 g > m_2 g$

2.37 $m = 0,5$ кг

2.38 $a = \frac{(m_1 - m_2)g - F_{\text{тр}}}{m_1 + m_2} = 1,53$ м/с², $T = \frac{m_1(2m_2 g + F_{\text{тр}})}{m_1 + m_2} = 4,13$ Н

$$\mathbf{2.39} \quad a = \frac{(m_2 - m_1)g - F}{m_1 + m_2}, \quad T_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2}(2m_2g - F),$$

$$T_2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2}(2m_1g + F)$$

$$\mathbf{2.40} \quad a = \frac{2T_2}{m_1 + m_2} - g = 2,69 \text{ м/с}^2, \text{ направлено вверх; } N_2 = T_2 \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) = 200 \text{ Н}$$

$$\mathbf{2.41} \quad a = 3,5 \text{ м/с}^2, \quad T \approx 1,1 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$\mathbf{2.43} \quad a = \frac{mg}{2M + m}, \quad T = \frac{2M(M + m)g}{2M + m}, \quad P = \frac{2Mmg}{2M + m}, \quad R = \frac{4M(M + m)g}{2M + m}$$

$$\mathbf{2.44} \quad a_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}(g + a_0), \quad F = \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}(g + a_0)$$

$$\mathbf{2.45} \quad F = (m_1 + m_2)a_2 + 2\mu m_2g \approx 24,5 \text{ Н}$$

$$\mathbf{2.46} \quad F = (M + m)g/2 + 2mg\mu = 24,5 \text{ Н}$$

$$\mathbf{2.47} \quad \tau = \sqrt{\frac{l}{g} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 - m_2}} = 0,5 \text{ с}$$

$$\mathbf{2.48} \quad a = 1,4 \text{ м/с}^2$$

$$\mathbf{2.49} \quad \Delta m = \frac{(m_1 - m_2)^2}{m_1 + m_2} \approx 16,7 \text{ г}$$

$$\mathbf{2.50} \quad l_1 = \frac{(M - m)l_0 + 2ml}{M + m} = 14 \text{ см}$$

$$\mathbf{2.51} \quad F = \frac{2Mm}{2M + m} \cdot g = 0,95 \text{ Н}$$

$$\mathbf{2.52} \quad F = 3 \text{ Н}$$

$$\mathbf{2.53} \quad F = \sqrt{2} \frac{m_1m_2}{m_1 + m_2}(1 + \mu)g \text{ при } \mu < \frac{m_2}{m_1}, \quad F = \sqrt{2}m_2g \text{ при } \mu \geq \frac{m_2}{m_1}$$

$$\mathbf{2.54} \quad m_2 = \frac{m + m_1}{2} = 2 \text{ кг}$$

$$\mathbf{2.55} \quad F = Mg/10 = 500 \text{ Н}$$

$$2.56 \quad \mu = \frac{M}{2m} \left(1 - \frac{a}{g} \right) - \frac{2a}{g} = 0,1$$

$$2.57 \quad T = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \left(\sqrt{a^2 + g^2} + \mu g - a \right) \text{ при проскальзывании груза по столу; } T = m_2 \sqrt{a^2 + g^2} \text{ при отсутствии проскальзывания}$$

$$2.58 \quad a = g \sin \alpha, \quad N = mg \cos \alpha$$

$$2.59 \quad a = \frac{m - M \sin \alpha}{m + M} g, \quad T = \frac{mM(1 + \sin \alpha)}{m + M} g, \quad N = Mg \cos \alpha$$

$$2.60 \quad F = mg(1 + \sin \alpha) \cos \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right) \approx 1,3 \text{ Н}$$

$$2.61 \quad a = \frac{M \sin \alpha - m \sin \beta}{M + m} g, \quad T = \frac{mM(\sin \alpha + \sin \beta)}{M + m} g$$

$$N_M = Mg \cos \alpha, \quad N_m = mg \cos \beta$$

$$2.62 \quad a_1 = 9,8 \text{ м/с}^2, \quad a_2 = 4,9 \text{ м/с}^2$$

$$2.63 \quad a_{\text{кл}} = \frac{mg \operatorname{tg} \alpha}{M + m \operatorname{tg}^2 \alpha}, \quad a_{\text{ст}} = a_{\text{кл}} \operatorname{tg} \alpha$$

$$2.64 \quad a = \frac{mg \sin 2\alpha}{2(M + m \sin^2 \alpha)}$$

$$2.65 \quad a = 0 \text{ и } F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha \text{ при } \operatorname{tg} \alpha \leq \mu,$$

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha), \quad F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha \text{ при } \operatorname{tg} \alpha > \mu$$

$$2.66 \quad \frac{3}{5} \operatorname{tg} \alpha$$

$$2.67 \quad S = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}, \quad \tau_1 = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$\tau_2 = \frac{v_0}{g \sqrt{\sin^2 \alpha - \mu^2 \cos^2 \alpha}}$$

$$2.68 \quad t = \frac{2v \sin \alpha}{g(\sin^2 \alpha - \mu^2 \cos^2 \alpha)}$$

$$2.69 \quad a = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha$$

$$2.70 \quad F = mg\sqrt{\mu^2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}$$

$$2.71 \quad \text{Груз } m_1 \text{ движется вверх при } \frac{m_2}{m_1} > \sin \alpha + \mu \cos \alpha,$$

$$\text{вниз при } \frac{m_2}{m_1} < \sin \alpha - \mu \cos \alpha,$$

$$\text{покоится при } \sin \alpha - \mu \cos \alpha \leq \frac{m_2}{m_1} \leq \sin \alpha + \mu \cos \alpha$$

$$2.72 \quad \vec{R} = -m\vec{g}$$

$$2.73 \quad N = \frac{\mu_2 - \mu_1}{2} mg \cos \alpha = 0,686 \text{ Н}$$

$$2.74 \quad a_1 = g \sin \alpha - \mu_1 g \cos \alpha = 3,7 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = g \sin \alpha + \mu_1 \frac{m_1}{m_2} g \cos \alpha - \mu_2 \left(1 + \frac{m_1}{m_2} g \cos \alpha \right) = 1,8 \text{ м/с}^2$$

$$\mu_2 = \frac{\sin \alpha + \mu_1 \frac{m_1}{m_2} \cos \alpha}{\left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right) \cos \alpha} = 0,43$$

$$2.75 \quad a \geq g \frac{\mu - \operatorname{tg} \alpha}{1 + \mu \operatorname{tg} \alpha}$$

$$2.76 \quad a \geq g \frac{\mu + \operatorname{tg} \alpha}{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha}, \quad \mu \operatorname{tg} \alpha < 1$$

$$2.77 \quad a_1 = g \sin \alpha - a \cos \alpha, \quad N = m(a \sin \alpha + g \cos \alpha)$$

$$2.78 \quad N = m(g + a) \cos \alpha = 12 \text{ Н}$$

$$2.79 \quad V_{\max} = \sqrt{\frac{mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{\beta}} \approx 22,3 \text{ м/с}$$

$$2.80 \quad a = g(\sin \beta - \operatorname{tg} \alpha \cos \beta) = g(2 - \sqrt{3}) \approx 2,63 \text{ м/с}^2$$

$$2.81 \quad \tau = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2h}{g} \cdot \frac{1}{1 - \operatorname{tg} \beta \operatorname{ctg} \alpha}}$$

$$2.82 \quad F_1 = F \left(\frac{2g}{a} \sin \alpha - 1 \right) = 90 \text{ Н}$$

$$2.83 \quad R = mg\sqrt{1 + \mu^2} \cos \alpha \text{ при } \mu < \operatorname{tg} \alpha; \quad R = mg \text{ при } \mu \geq \operatorname{tg} \alpha$$

$$2.84 \quad F = mg\sqrt{\mu^2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha} \approx 3,43 \text{ Н}$$

$$2.85 \quad a > \frac{\mu + \operatorname{tg} \alpha}{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha} g = 10,6 \text{ м/с}^2. \text{ Если } \mu \operatorname{tg} \alpha \geq 1, \text{ тело не будет скользить при любом ускорении.}$$

$$2.86 \quad a = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$2.87 \quad \mu = \left| \operatorname{tg} \alpha - \frac{m_2}{m_1 \cos \alpha} \right| = \frac{\sqrt{3}}{6} \approx 0,29$$

$$2.88 \quad \beta = \alpha + \operatorname{arctg} \mu$$

$$2.89 \quad P_1 = m(g - a), \quad P_2 = m(g + a), \quad P_3 = m(a - g)$$

$$2.90 \quad F_{\text{тр}} = m\omega^2 R \approx 0,8 \text{ Н}, \quad \omega = 2\pi \frac{n}{60}, \quad \omega_{\max} = \sqrt{\frac{\mu g}{R}} \approx 2,2 \text{ с}^{-1}$$

$$2.91 \quad v_{\min} = \sqrt{\frac{gR}{k}}$$

$$2.92 \quad \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\mu + \operatorname{tg} \alpha}{\mu(1 - \mu \operatorname{tg} \alpha)}}$$

$$2.93 \quad R = \frac{g \operatorname{tg} \alpha}{\omega^2}$$

$$2.94 \quad \cos \alpha = \frac{g}{\omega^2 R} \text{ при } \frac{g}{\omega^2 R} < 1, \quad \alpha = 0 \text{ при } \frac{g}{\omega^2 R} \geq 1,$$

$$2.95 \quad \mu = \frac{\omega^2 R + g \operatorname{tg} \alpha}{g - \omega^2 R \operatorname{tg} \alpha}$$

$$2.96 \quad \alpha = \arccos \frac{g}{\omega^2 R} = \arccos \frac{1}{2} = 60^\circ$$

$$2.97 \quad \omega = \sqrt{\frac{2g}{R}} = 5 \text{ с}^{-1}$$

$$2.98 \quad N = mg \left(1 + \frac{L^2}{2(H-l)l} \right) = 9 \text{ Н}$$

$$2.99 \quad T = 3mg \approx 30 \text{ Н}$$

$$2.100 \quad \alpha = \arccos \frac{g}{\omega^2 l} \text{ при } g < \omega^2 l, \quad \alpha = 0 \text{ при } g \geq \omega^2 l$$

$$2.101 \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g-a}} \approx 2 \text{ с}$$

$$2.102 \quad F = mg\sqrt{5}$$

$$2.103 \quad F = \sqrt{\omega^4 l^2 \sin^2 \varphi + g^2} \approx 51 \text{ Н}$$

$$2.104 \quad F = m\omega^2 L$$

$$2.105 \quad F = mg \cos \alpha - m\omega^2 R \sin \alpha$$

$$2.106 \quad F = m\sqrt{g^2 + \omega^4 l^2 \sin^2 \alpha} \approx 1,01 \text{ Н}$$

$$2.107 \quad l_0 = (1 - m\omega^2/k)R$$

$$2.108 \quad T = m \left(g + \frac{4v^2}{l} \right) = 6,5 \text{ Н}$$

$$2.109 \quad \frac{kl_0 - \mu mg}{k - m\omega^2} \leq x \leq \frac{kl_0 + \mu mg}{k - m\omega^2} \text{ при } \omega < \sqrt{km},$$

$$x = \frac{\mu mg - kl_0}{m\omega^2 - k} \text{ при } \omega > \sqrt{km}$$

$$2.110 \quad T = m\sqrt{g^2 + \frac{V^4}{R^2}} = 1 \text{ Н}$$

$$2.111 \quad R = \frac{3g}{\pi^2 \nu^2 (18 + \pi\sqrt{3})} \approx 26 \text{ см}$$

$$2.112 \quad k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

$$2.113 \quad k = k_1 + k_2$$

$$2.114 \quad x = -\frac{Fm_1}{k(m_1 + m_2)}, \quad a_1 = -\frac{F}{m_1 + m_2}, \quad a_2 = -\frac{Fm_1}{m_2(m_1 + m_2)}$$

$$2.115 \quad t = \sqrt{\frac{2m}{k} \left(\frac{g}{a} - 1 \right)}$$

$$2.116 \quad P = (m_1 + m_2)g$$

$$2.117 \quad A \geqslant (M + m) \frac{g}{k}$$

$$2.118 \quad A \geqslant \frac{\mu(M + m)g}{k}$$

$$2.119 \quad \Delta l > \frac{(M + m)}{k} \cdot \mu g$$

$$2.122 \quad m_2 = m_1 a_1 / a_2$$

$$2.124 \quad M = \frac{gR_3^2}{G} \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

$$2.125 \quad P_{\text{II}} = mg, \quad P_{\text{I}} = m \left(g - \frac{4\pi^2 R}{T} \right)$$

$$2.126 \quad 1$$

$$2.127 \quad \frac{T_{\text{M}}}{T_3} = \sqrt{\frac{(R_{\text{M}}/R_3)^3}{M_{\text{M}}/M_3}} \approx 1,1$$

$$2.128 \quad V = \frac{2\pi}{T} \left(\frac{R^3}{R_0} \right)^{1/2} \approx 3,56 \text{ км/с}$$

$$2.129 \quad v_{\text{I}} \approx \sqrt{gR_3} \approx 8 \text{ км/с}, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{R_3}{g}} \approx 5027 \text{ с} \approx 1,4 \text{ ч}$$

$$2.130 \quad v = \sqrt{\frac{gR_3^2}{R_{\text{опб}}}} = \sqrt{\frac{gR_3}{2}} \approx 5,7 \text{ км/с}, \quad T = \frac{2\pi}{R_3} \sqrt{\frac{R_{\text{опб}}^3}{g}} = 4\pi \sqrt{\frac{2R_3}{g}} \approx 4 \text{ ч}$$

$$2.131 \quad R_{\text{опб}} = \sqrt[3]{\frac{gT^2 R_3^2}{4\pi^2}} \approx 42\,626 \text{ км}$$

$$2.132 \quad R_{\text{B}} = R_3 \left(\frac{M_{\text{B}}}{M_3} \cdot \frac{T_{\text{B}}^2}{T_3^2} \right)^{1/3}$$

$$2.133 \quad F = \frac{GMm}{7} \left(\frac{8}{d^2} - \frac{1}{(d - R/2)^2} \right)$$

$$2.134 \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{R_3}{g}} \approx 1,4 \text{ ч}$$

$$2.135 \quad h_{JI} = \frac{M_3}{M_{JI}} \left(\frac{R_{JI}}{R_3} \right)^2 h_3 = 56 \text{ м}$$

$$2.136 \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l^3}{G(m_1 + m_2)}}$$

$$2.137 \quad T = 4\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$$

$$2.138 \quad R = \sqrt[3]{\frac{gr^2T^2}{4\pi^2}}$$

$$2.139 \quad \rho = \frac{3\pi n^3}{4\pi^2}$$

$$2.140 \quad T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho(1 - \eta/100\%)}} \approx 4,34 \cdot 10^4 \text{ с} \approx 12 \text{ ч}$$

$$2.141 \quad T = 2\pi \left(1 + \frac{h}{R} \right) \sqrt{\frac{R}{g(1 + h/R)^2}}$$

$$2.142 \quad \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{a_2}{a_1}}$$

$$2.143 \quad \frac{v_1}{v_2} = \sqrt[3]{\frac{T_2}{T_1}}$$

$$2.144 \quad \tau = \frac{\pi a^{3/2}}{2\sqrt{2GM}}$$

$$2.145 \quad T = 4\pi\sqrt{\frac{2R_3}{g}}, \quad \frac{v_a}{v_\pi} = \frac{R_a}{R_\pi} = \frac{1}{3}$$

$$2.146 \quad t = \frac{2\pi}{2R_3} \left(\frac{R^3}{g} \right)^{1/2} \left(\frac{R + R_3}{2R} \right)^{3/2} \approx 2 \text{ ч}$$

$$\mathbf{2.147} \quad h = R \sin \alpha, e = \sin \alpha, l = \frac{90^\circ - \alpha}{360^\circ} R, \tau = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}} \left(\frac{1}{2} + \frac{\sin \alpha}{\pi} \right)$$

$$\mathbf{3.1} \quad \Delta p = \sqrt{2} m \omega R$$

$$\mathbf{3.2} \quad \Delta p = mgt$$

$$\mathbf{3.3} \quad \tau = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$\mathbf{3.4} \quad v_{\text{к}} = v_0 + \frac{F_{\text{к}} \tau}{2m}$$

$$\mathbf{3.5} \quad t = \sqrt{\frac{2mv}{\operatorname{tg} \alpha}}$$

$$\mathbf{3.6} \quad p = 10 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

$$\mathbf{3.7} \quad h = \frac{p^2}{8m^2 g}$$

$$\mathbf{3.8} \quad \text{В } 0,9 \text{ раз}$$

$$\mathbf{3.9} \quad \text{а) } u_2 = v\sqrt{5}, \text{ б) } u_2 = \frac{v\sqrt{5}}{2}, \text{ в) } u_2 = \frac{5v}{2}$$

$$\mathbf{3.10} \quad F = \frac{mvn}{\tau} \approx 15 \text{ Н}, \tau = 60 \text{ с}$$

$$\mathbf{3.11} \quad F = mv/\tau$$

$$\mathbf{3.12} \quad S = mv_0/\alpha$$

$$\mathbf{3.13} \quad 13,4 \text{ м/с}$$

$$\mathbf{3.14} \quad \frac{3}{2} \rho g^2 t^2$$

$$\mathbf{3.15} \quad \text{Скорость большего шарика в } \sqrt{2} \text{ раз больше}$$

$$\mathbf{3.16} \quad \text{Лодка вернётся в ту же точку, в которой она находилась до начала движения}$$

$$\mathbf{3.17} \quad F_{\text{ср}} = \Delta p / \tau \text{ для всех случаев. а) } \Delta p = 2mv; \text{ б) } \Delta p = mv; \\ \text{в) } \Delta p = 2mv \sin \alpha$$

$$3.18 \quad u \approx 0,5 \text{ м/с}$$

$$3.19 \quad u \approx 1 \text{ м/с}$$

$$3.20 \quad u \approx 1,6 \text{ м/с}$$

$$3.23 \quad V = \frac{(100) \cdot 4 - 20 \cdot 6}{80} \text{ м/с} = \frac{280}{80} \text{ м/с} = 3,5 \text{ м/с}$$

$$3.24 \quad u \approx 0,1 \text{ м/с}$$

$$3.25 \quad u \approx 0,87 \text{ м/с}$$

$$3.26 \quad u \approx 4 \text{ м/с}$$

$$3.27 \quad v_2 = \frac{\sqrt{(m_1 + m_2)^2 v^2 + m_1^2 v_1^2}}{m_2}; \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{m_1 v_1}{(m_1 + m_2) v}$$

$$3.28 \quad v_3 = \frac{\sqrt{(m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2}}{m_3}; \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1}$$

$$3.29 \quad M = 2 \text{ кг}$$

$$3.30 \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{m_1 v_1}{\sqrt{(m_2 v_2)^2 + (m_3 v_3)^2}} = \frac{6}{5}$$

$$3.32 \quad 100 \text{ Н}$$

$$3.33 \quad v = 0,5 \text{ м/с}$$

$$3.34 \quad u_0 = \frac{(M + 2m)v_2 \cos \alpha - (M + m)v_1 \cos \alpha}{m \cos \gamma}$$

$$3.35 \quad u = \frac{mv_0 \cos \alpha - mv \cos \beta}{(m - m) \cos \alpha}$$

$$3.36 \quad a = \frac{F}{(1 + \mu t/M)^2 M}; \quad a_1 = \frac{F}{M - \mu t}$$

$$3.37 \quad S = \frac{2Mu^2 \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{M}{m} + 1 \right)}{mg}$$

$$3.38 \quad \text{Центр масс совпадает с центром шарика массой 7 г}$$

$$3.39 \quad x_c = 0,7a, \quad y_c = 0,5a$$

$$3.40 \quad \text{а) } v_c = \frac{v}{\sqrt{2}}, \quad \text{б) } v_c = \frac{v\sqrt{2}}{3}, \quad \text{в) } v_c = \frac{v\sqrt{17}}{3}$$

$$3.41 \quad S = \frac{mL}{M+m}$$

$$3.42 \quad t = \sqrt{l/g}$$

$$3.43 \quad h = h_1 + h_2 - \frac{gl^2}{v_0^2}$$

$$3.44 \quad a = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right)^2 g$$

$$4.1 \quad A = \frac{\mu mgS \cos \alpha}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = 38 \text{ кДж}$$

$$4.2 \quad 50 \text{ Дж}$$

$$4.3 \quad \beta = 1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha \approx 1,03$$

$$4.4 \quad A = M \left(1 + \frac{M}{m} \right) \mu gS = 29,4 \text{ Дж}$$

$$4.5 \quad \text{В } \sqrt{2} \text{ раз}$$

$$4.6 \quad v = \sqrt{gl}$$

$$4.7 \quad v = \sqrt{gl/2} = 10 \text{ м/с}$$

$$4.8 \quad \beta = \arccos(2 \cos \alpha - 1)$$

$$4.9 \quad v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2R}{m}(F_1(1 - \cos \alpha) - F_2 \sin \alpha)} = 10,8 \text{ м/с}$$

$$4.10 \quad S = \frac{v_0^2}{2\mu g}$$

$$4.11 \quad \text{а) } v_0 = \sqrt{\mu gL}, \quad \text{б) } v \geq \sqrt{2\mu gl}$$

$$4.12 \quad v = \sqrt{2gh(1 - \mu \operatorname{ctg} \alpha)}$$

$$4.13 \quad h = \frac{v_0^2}{2g(1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha)}$$

$$4.14 \quad A = mgh + kmgl$$

$$4.15 \quad \alpha = \arcsin \frac{W}{mgv} \approx 17^\circ$$

$$4.16 \quad N = 2mgv \sin \alpha = 41 \text{ кВТ}$$

$$4.17 \quad A = mgh + mgvt \sin \alpha$$

$$4.18 \quad N = mgv/2$$

$$4.19 \quad E = mv^2$$

$$4.20 \quad \mu = \operatorname{tg} \alpha / 2$$

$$4.21 \quad a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2 + M} g$$

$$4.22 \quad v = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2gL}{3}}$$

$$4.23 \quad N = 10 \text{ Н}$$

$$4.24 \quad |A_{\text{тр}}| = mgH - \frac{5}{2}mgR - \frac{1}{2}NR = 4 \text{ Дж}$$

$$4.25 \quad A = \frac{m\omega^2 l_0^2}{2} \cdot \frac{1 + m\omega^2/k}{(1 - m\omega^2/k)^2}$$

$$4.26 \quad E = \frac{m_1 m_2 \omega^2 l^2}{2(m_1 + m_2)} = 0,1 \text{ Дж}$$

$$4.27 \quad T_{\max} = v\sqrt{km} + mg \approx 10^5 \text{ Н}$$

$$4.28 \quad v_{\max} = \sqrt{\frac{2gH + mg^2}{k}}, \quad x_{\max} = \frac{mg}{k} \sqrt{1 + \frac{2kH}{mg}}$$

$$4.29 \quad x = 2x_0, \quad v = \sqrt{gx_0}$$

$$4.30 \quad F = \mu g(m_1 + m_2/2)$$

$$4.31 \quad H = \frac{v_0^2}{2gR_3 - v_0^2} R_3 \approx 2500 \text{ км}$$

$$4.32 \quad v = \sqrt{2gR_3} \approx 11,3 \text{ км/с}$$

$$5.13 \quad u = 0,5 \text{ м/с}, \quad E = 0,125 \text{ Дж}, \quad p = 0,6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}, \quad Q = 0,75 \text{ Дж}$$

$$5.15 \quad x_{\max} = \frac{2mg}{k}, \quad v_{\max} = g\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$5.16 \quad u = \sqrt{\frac{2gh}{1 + m/M}}$$

$$5.17 \quad u = \sqrt{2gH(1 + m/M)}$$

$$5.18 \quad h = 2R/3$$

$$5.19 \quad h = H - \frac{mH}{M}$$

$$5.20 \quad h = H - \frac{mH}{M + m}$$

$$5.22 \quad l = 4a = 60 \text{ м}$$

$$5.23 \quad V_2 = \frac{\sqrt{m^2 V^2 + m_1^2 (V_1^2 - 2gh)}}{m - m_1} \approx 30,6 \text{ м/с}$$

$$5.24 \quad V_0 = \sqrt{\frac{gl}{1 + \beta}} \approx 1,1 \text{ м/с}$$

$$5.25 \quad p = \frac{p_0}{\sqrt{1 + 16/\alpha^2}} = \frac{p_0}{\sqrt{5}} \approx 447 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

$$5.26 \quad \Delta p = |m_2 - m_1| \sqrt{\frac{2gh|m_2 - m_1|}{m_2 + m_1}}$$

$$5.27 \quad V = m \cos \alpha \sqrt{\frac{2gh}{M(M + m \cos^2 \alpha)}} \approx 2,7 \text{ см/с}$$

$$5.28 \quad V_1 = \frac{m_0}{m_1} \sqrt{2gh} = 40 \text{ м/с}$$

$$5.29 \quad \beta = \arccos \left[1 - \frac{m^2 V^2 \cos^2 \alpha}{2(m+M)^2 gl} \right] \approx 60^\circ$$

$$5.30 \quad V = \sqrt{gh(2 - \mu \operatorname{ctg} \alpha)} \approx 6,1 \text{ м/с}$$

$$5.31 \quad \mu = \frac{V^2}{4gh} \operatorname{tg} \alpha \approx 0,59$$

$$5.32 \quad h = H \cdot \frac{1 - \mu \operatorname{ctg} \alpha}{1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha} \approx 0,33 \text{ м}$$

$$5.33 \quad Q = \frac{m}{2}(V_1 - V_2) \cdot \left[V_1 + V_2 - \frac{m}{M}(V_1 - V_2) \right] = 2820 \text{ Дж}$$

$$5.34 \quad V = \frac{\Delta l}{m} \sqrt{(M+m)k} = 600 \text{ м/с}$$

$$5.35 \quad V = m \sqrt{\frac{2gR}{M(m+M)}} \approx 11,9 \text{ см/с}$$

$$5.36 \quad E = \frac{m}{2\alpha} \left(1 + \frac{m}{M} \right) V^2 = 3,825 \text{ МДж}$$

$$5.37 \quad l = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} \sqrt{\frac{2E}{m}} = 6 \text{ м}$$

$$5.38 \quad Q = \frac{mM}{2(m+M)} \cdot V^2 = 568,2 \text{ Дж}$$

$$5.39 \quad V_2 = V_1 \sqrt{1 + \frac{m}{M}} \approx 5,05 \text{ м/с}$$

$$5.40 \quad S = 4H \sqrt{\frac{A}{mgH} - 1} = 12 \text{ м}$$

$$5.41 \quad \Delta T = 6mg$$

$$5.42 \quad \eta = \frac{\Delta h}{R + h - \Delta h} = 3,7 \cdot 10^{-3}$$

$$5.43 \quad A = mg \left(R - \frac{l^2}{4h} \right) = 0,5 \text{ Дж}$$

$$5.44 \quad A = \frac{(\mu mg)^2}{2k} = 0,1 \text{ Дж}$$

$$5.45 \quad V_1 = V \sqrt{\frac{M}{m+M}}$$

$$5.46 \quad W = \frac{MV_1V_2}{2} = 12 \text{ Дж}$$

$$5.47 \quad 0,6 \text{ кг}$$

$$5.48 \quad \Delta N = mgV \sin \alpha = 29,4 \text{ кВТ}$$

$$5.49 \quad m = \frac{T_2 - T_1}{6g} \approx 17 \text{ г}$$

$$5.50 \quad A = \frac{5}{4} \cdot mgl \approx 1,2 \text{ Дж}$$

$$5.51 \quad Q = m_2gh \cdot \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} = 1,32 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}$$

$$5.52 \quad Q = (m_1 - m_2)gh - \frac{2(m_1 + m_2)h^2}{\tau^2} = 92 \text{ Дж}$$

$$5.53 \quad m = \frac{100\%}{\eta h} M \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + \mu gL \right) \approx 23,8 \text{ кг}$$

$$5.54 \quad \Delta U = gh(M - m) + \mu gh(H - h) = 55 \text{ кДж}$$

$$5.55 \quad V = \sqrt{2gl} \left(\frac{l_1}{l} - \frac{1}{2} \right) = \frac{\sqrt{10}}{2} \approx 1,58 \text{ м/с}$$

$$5.56 \quad A = V_0 \sqrt{\frac{m}{2k + k_1}} = 1 \text{ см}$$

$$5.57 \quad A = \frac{2V_0}{1 + M/m} \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} = 0,4 \text{ м}$$

$$5.58 \quad \alpha = \frac{1 + \sqrt{h/R}}{1 - \sqrt{h/R}} = 3$$

$$5.59 \quad U = V \cdot \frac{M + m}{m \cos \alpha} \approx 14 \text{ см/с}$$

$$5.60 \quad \tau = \frac{L(N^2 + N - 2)}{2V_0} = 210 \text{ с}$$

$$5.61 \quad \mu \leq \frac{m^2}{M^2} \cdot \frac{v_0^2}{8gl} \approx 0,38$$

$$5.62 \quad V = \sqrt{2gh} \cdot \sqrt{\frac{m_2^2}{(m_1 + m_2)^2} \cdot \frac{V_0^2}{2gh} + \frac{m_1}{m_1 + m_2}} = 12 \text{ м/с}$$

$$5.63 \quad \alpha = \arccos \left(1 - \frac{1}{2gl} \cdot \frac{v_0^2}{(1 + M/m)^2} \right) \approx 15^\circ$$

$$5.64 \quad A = A_0 \sqrt{\frac{M}{M + m}}$$

$$5.65 \quad h = \frac{v_{\max}^2 - mg^2/k}{8g}$$

$$5.66 \quad T = \frac{\sqrt{(V_0 - \alpha g \tau + 2U)^2 + 2\alpha g(V_0 \tau - \alpha g \tau^2/2)} - (V_0 - \alpha g \tau + 2U)}{\alpha g} = 1,4 \text{ с}$$

$$5.67 \quad F_{\text{ср}} = \frac{m^2 v_0^2}{2MS} = 160 \text{ кН}$$

$$5.68 \quad F = (m + M) \left(\frac{m^2}{(m + M)^2} \cdot \frac{H}{l} + 1 \right) g = 5 \text{ кН}$$

$$5.69 \quad m = \frac{M}{u} \sqrt{\frac{g_{\text{л}} R_{\text{л}}^2}{R_{\text{л}} + h}} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + h}} \right) = 29 \text{ кг}$$

$$5.71 \quad v_1 = 0, v_2 = v \text{ («обмен скоростями»)}$$

$$5.72 \quad m_2 = 3m_1$$

$$5.73 \quad \text{В } 5/3 \text{ раза}$$

$$5.74 \quad v'_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}, \quad v'_2 = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

$$5.75 \quad W_{\max} = \frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}$$

$$5.76 \quad v - 2u$$

$$5.77 \quad v = \sqrt{(u - (v_0 + u) \cos 2\varphi)^2 + ((v_0 + u) \sin 2\varphi)^2} \approx 780 \text{ м/с}$$

$$5.78 \quad v = \sqrt{(u - (v_0 - u) \cos 2\alpha)^2 + ((v_0 - u) \sin 2\alpha)^2} \approx 720 \text{ м/с}$$

$$5.79 \quad \pi/2$$

$$5.80 \quad m_2 = \frac{5m_1}{3}$$

$$5.81 \quad v_1 = v/\sqrt{3}, \quad v_2 = 2v/\sqrt{3}$$

$$5.82 \quad U_1 = \frac{\sqrt{10}}{4} \cdot V_1 \approx 791 \text{ м/с}, \quad U_2 = \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot V_1 \approx 354 \text{ м/с}$$

$$5.83 \quad v_1 = v/\sqrt{2} \approx 1,4 \text{ м/с}$$

$$5.84 \quad u_1 = -v/5, \quad u_2 = u_3 = 2\sqrt{3}v/5$$

$$5.85 \quad u = 25v/39$$

$$5.86 \quad \Delta W = \frac{3P^2}{16m}$$

5.87 $v = 0,78 \text{ м/с}$, составляющая скоростей шаров, сонаправленная со скоростью доски: $v_x = \frac{Mu}{M+2m} = \frac{u}{2} = 0,5 \text{ м/с}$, составляющая скоростей шаров, перпендикулярная скорости доски: $v_y = \frac{u}{\sqrt{1+2m/M}} = 0,6 \text{ м/с}$

$$5.88 \quad Q = \frac{m(V_1^2 + V_2^2)}{4} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

$$5.89 \quad \alpha = 2 \arcsin \sqrt{\eta} = 90^\circ$$

$$5.90 \quad Q = m(V_1 V_2 - U_1^2) = 11 \text{ Дж}$$

$$5.91 \quad v_{\text{H}} = 2\sqrt{\frac{W_0}{m_{\text{H}}}}; \quad v_{\text{He}} = \sqrt{\frac{10W_0}{m_{\text{He}}}}$$

$$6.5 \quad F_{\min} = mg/2, \quad \mu = 1/2$$

$$6.8 \quad l = \frac{2S}{1-\alpha} = 0,75 \text{ м}$$

$$6.9 \quad R_A = \frac{F(L-s)}{L}, \quad R_B = \frac{Fs}{L}$$

$$6.10 \quad R_A = \frac{mg(L - 2s)}{2s}, \quad R_B = \frac{mgL}{2s}$$

$$6.11 \quad \alpha_{\text{пред}} = 45^\circ$$

$$6.12 \quad \alpha \geq \arctg \frac{1}{2\mu}$$

$$6.15 \quad \mu_2 \geq \frac{1}{\mu_1} - 2 \operatorname{tg} \alpha = 0,5$$

$$6.16 \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{3} \cdot (m_1 + m_2)}$$

$$6.17 \quad \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,577$$

$$6.18 \quad F = mg \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha - \mu}{\mu \operatorname{tg} \alpha + 1} = 6 \text{ Н}$$

$$6.19 \quad F = \left[m_2 + \frac{ml/2 - (m + m_1)l_1}{l - l_1} \right] g = 3,85 \text{ Н}$$

$$6.20 \quad \mu = \frac{r}{R \sin \alpha} = 0,2$$

$$6.21 \quad \beta = \frac{m_1 \alpha}{m_2 + 2\alpha(m_1 - m_2)} = \frac{1}{3}$$

$$6.22 \quad \text{На оси симметрии, } \Delta = R/6 \text{ от центра}$$

$$6.23 \quad \text{На оси симметрии, на расстоянии } \Delta = \frac{\pi a}{4(16 - \pi)} \text{ слева от центра квадрата}$$

$$6.25 \quad \operatorname{tg} \alpha = a^2/b^2 \approx 14^\circ$$

$$6.27 \quad M = \frac{F_2 - F_1}{g}$$

$$6.28 \quad T_1 = mg \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \alpha + \beta}, \quad T_2 = mg \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + \beta},$$

$$6.29 \quad \mu \geq \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$6.30 \quad F \geq \frac{mg\sqrt{h(2R-h)}}{R-h}$$

$$6.31 \quad N = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{l-l_1}{l} = 15 \text{ Н}$$

$$6.32 \quad F = mg\sqrt{3} = 118,8 \text{ Н}$$

$$6.33 \quad x = L\sqrt{1 - \left(\frac{mg}{2F}\right)^2} = 1,6 \text{ м}$$

$$6.34 \quad \mu \geq \frac{\cos \alpha - \sin \alpha}{2 \sin \alpha}$$

$$6.35 \quad \alpha = \operatorname{arctg} 0,5$$

$$6.36 \quad \alpha = 2 \arcsin \frac{m_1}{m} = 60^\circ$$

$$6.37 \quad M > \frac{m(H-l)}{2H}$$

$$6.38 \quad H = 2r \operatorname{ctg} \alpha$$

$$6.39 \quad T = \frac{mg(l+R)}{\sqrt{(l+R)^2 - R^2}}, \quad N = \frac{mgR}{\sqrt{(l+R)^2 - R^2}}$$

$$6.42 \quad N_A = \frac{1}{3}mg, \quad N_C = \frac{2}{3}mg \cos \alpha, \quad F_{\text{тр}} = \frac{2}{3}mg \sin \alpha, \quad \alpha \geq \operatorname{arctg} \mu$$

$$6.43 \quad \mu \geq \frac{2 \sin \alpha \cos \alpha}{1 + 2 \sin^2 \alpha} = 0,5$$

$$6.44 \quad \frac{mgR \left(1 - \frac{\beta h^2}{l^2 - 4R^2}\right)}{\sqrt{l^2 - 4R^2}} = 0,4 \text{ Н}, \quad \text{где } \beta = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{л}}} = 0,75$$

$$6.46 \quad N = Mg \left(\frac{1}{2} \cos \alpha - \frac{H}{L} \sin \alpha \right) \approx 4,18 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$6.47 \quad \frac{y}{x} = 1 + \frac{2(\rho_{\text{ал}}gV - \rho_{\text{в}}gV/2)}{Mg} \approx 1,5; \quad \text{где } V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$6.48 \quad \alpha = 45^\circ$$

$$6.49 \quad F = mg \sqrt{\sin^2 \alpha + \left(\frac{1}{2} \cos \alpha + \frac{H}{L} \sin \alpha \right)^2}$$

$$6.50 \quad F = mg \sqrt{1 + \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha}{4}} \approx 11 \text{ Н}$$

$$6.59 \quad 25l/24$$

$$6.60 \quad 90 \text{ Н}$$

$$6.62 \quad \mu = 0,27$$

$$7.1 \quad v_{\min} = \sqrt{4gl}$$

$$7.2 \quad T(\varphi) = mg(3 \cos \varphi - 2 \cos \varphi_0)$$

$$7.3 \quad \alpha = \frac{(v_0^2 + 2gh)(1 - \eta/100\%)}{gS^2} \approx 0,1 \text{ м}^{-1}$$

$$7.4 \quad v_{\min} = \sqrt{5gl}$$

$$7.5 \quad S = \frac{v^2}{2\mu g} \frac{m^2}{M^2}$$

$$7.6 \quad M = \frac{mv}{\sqrt{2\mu gS}} = 75 \text{ кг}$$

$$7.7 \quad F_{\text{тр}} = \frac{\mu mg}{S} \sqrt{S^2 - h^2}, \quad t = \sqrt{\frac{2S^2}{g(h - \mu \sqrt{S^2 - h^2})}}$$

$$7.8 \quad v = \sqrt{2g(h - \mu \sqrt{S^2 - h^2})}, \quad F = \frac{mg}{S} (h - \mu \sqrt{S^2 - h^2})$$

$$7.9 \quad 0 \text{ Дж}$$

$$7.10 \quad \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{gt}{v} \right) \approx 60^\circ$$

$$7.11 \quad \Delta l_{\max} = \sqrt{\frac{mga}{k}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2} + 1} \approx 4,14 \text{ см}$$

$$7.12 \quad P = 9mg = 9 \text{ Н}$$

$$7.13 \quad a = g\sqrt{9\mu^2 + 4} = 20,5 \text{ м/с}^2, \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{3\mu}{2} \approx 13^\circ$$

$$7.14 \quad Q = \frac{Mmgl}{M+m} = 1 \text{ Дж}$$

$$7.15 \quad T_0 = mg + \frac{(M+m)^2 u^2}{ml} = 9,7 \text{ Н}$$

$$7.16 \quad M > \frac{m}{\left(\frac{v}{L} \sqrt{\frac{2h}{g}} - 1\right)} \approx 200 \text{ г}$$

$$7.17 \quad S = \frac{(mv - M\sqrt{2gx \sin \alpha})^2}{2(M+m)^2 g \sin \alpha} \approx 0,53 \text{ м}$$

$$7.18 \quad a = \frac{\rho g V}{2m_1 - \rho V} \approx 1,8 \text{ м/с}^2$$

$$7.19 \quad T = \frac{mg(\rho - \rho_0)}{\rho \cos \alpha}$$

$$7.20 \quad F = \frac{m^2 g H}{l(m+M)}$$

$$7.21 \quad F = g(M+m) \left(1 + \frac{H}{l} \frac{m^2}{(M+m)^2}\right)$$

$$7.22 \quad \frac{2g\tau}{\sin \alpha (1 + \sqrt{3})}$$

$$7.23 \quad m = \frac{\Delta E}{(v_1 - v_0)^2}$$

$$7.24 \quad \tau = \frac{2L}{V_0} \cdot \frac{M^2}{m^2}$$

$$7.25 \quad F = 8mg = 0,8 \text{ Н}$$

$$7.26 \quad S = \frac{0,18}{16^2} \cdot \frac{v_0^2}{\mu g} = 6 \text{ м}$$

$$7.27 \quad L = l + V_0 \sqrt{\frac{m_1 m_2}{k(m_1 + m_2)}}$$

$$7.28 \quad l = \frac{T(m_1 + m_2)}{m_1 m_2 (2\pi\nu)^2} \approx 0,21 \text{ м}$$

$$7.30 \quad \frac{v_0 \sin \alpha}{2g} (1 + \sqrt{3})$$

$$7.31 \quad m = \frac{\mu ML}{L + 2h}$$

$$7.32 \quad AB = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \sin \alpha} \approx 0,69 \text{ м}$$

$$7.33 \quad R = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} - 2L(\mu + \operatorname{tg} \alpha) \approx 0,3 \text{ м}$$

$$7.34 \quad L = \frac{2v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$7.35 \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{g^2 t^2 - v_0^2}{2gtv_0\sqrt{3}} \approx 0,43$$

$$7.36 \quad R = \frac{H}{2} \left[1 + \left(\frac{M}{m} \right)^2 \right]$$

$$7.37 \quad h = \frac{2R}{3} + \frac{m^2 v_0^2}{3g(M + m)^2}$$

$$7.38 \quad \rho = \frac{\rho_1 + 2\rho_2}{3} = \frac{7}{3}\rho_1 = 2100 \text{ кг/м}^3$$

$$7.39 \quad S = \frac{0,255}{225} \cdot \frac{v_{\text{нл}}^2}{\mu g} = 0,15 \text{ м}$$

$$7.40 \quad T = \frac{2\sqrt{2gH} \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$7.41 \quad m = \frac{\Delta E}{g \left(H - \frac{BD}{2 \sin 2\alpha} \right)}$$

$$7.42 \quad \mu = \frac{3}{4\sqrt{2}} \cdot \frac{v^2}{gl}$$

$$7.43 \quad 2\sqrt{h(H-h)} - d < l < 2\sqrt{h(H-h)}$$

$$7.44 \quad m = \frac{2A - kx^2}{2gh} = 5 \text{ г}$$

$$7.45 \quad h = \frac{R}{3} + \frac{v^2}{3g} \approx 0,18 \text{ м}$$

$$7.46 \quad M_{\max} = \frac{mv_0}{\sqrt{5gl}} - m = 50 \text{ г}$$

$$7.47 \quad v_{\min} = \left(1 + \frac{M}{m}\right) \sqrt{5gl} = 130 \text{ м/с}$$

$$7.48 \quad m = \frac{kd}{3\mu g} = 2,5 \text{ кг}$$

$$7.49 \quad \beta = \operatorname{arctg} \frac{l(1 - \cos \alpha)}{h - l} = \operatorname{arctg} \frac{1}{\sqrt{3}} = 30^\circ$$

$$7.50 \quad W_k = \frac{m_1^2 gh}{m_1 + m_2} = 2,5 \text{ Дж}$$

$$7.51 \quad V_0 = \sqrt{2\mu g L \left[\frac{M}{m} \left(\frac{1}{2} - \alpha \right) + 1 - \alpha \right]} = 1 \text{ м/с}$$

$$7.52 \quad \sin \beta = \frac{m \sin \alpha}{m + M \operatorname{ctg}^2 \alpha}$$

$$7.53 \quad \cos \beta = 1 - \frac{\left(M \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} + m(v_2 - v_1) \right)^2}{2glM^2} = \frac{7}{9}$$

$$7.54 \quad W_k = \frac{M^2 v_0^2}{2(M + m)} \approx 17,9 \text{ Дж}$$

$$7.55 \quad v_1 = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot \frac{vt}{M} = 12 \text{ м/с}$$

$$7.56 \quad m = M \cdot \frac{\frac{\pi}{3} - \cos \alpha}{3 \cos \alpha - 2} \approx 30 \text{ г}$$

$$7.57 \quad u = \sqrt{\frac{2Sv \cdot \frac{\Delta m}{\Delta t}}{M}} = 12 \text{ м/с}$$

$$7.58 \quad m \leq \frac{\mu M}{1 - 2\mu} = 1,8 \text{ кг}$$

$$7.59 \quad v = 2\sqrt{\frac{3gl}{5}}$$

$$7.60 \quad a = \frac{2mg}{m + M} = 2 \text{ м/с}^2$$

$$7.61 \quad R = \frac{v^2}{g + P/m}$$

$$7.62 \quad H = \frac{3h - R}{2} + \frac{RF}{2mg} = 2,45 \text{ м}$$

$$7.63 \quad \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\sqrt{\frac{mv_0^2}{2E} - 1}} \approx 0,57; \quad \alpha = \operatorname{arcctg} 0,57 \approx 60^\circ$$

$$7.64 \quad h = \frac{l(T - mg)}{2mg} \approx 1,56 \text{ м}$$

$$7.65 \quad v = \sqrt{\left(1 - \frac{mM}{(m + M)^2}\right) v_0^2 + 2gR} \approx 2,06 \text{ м/с}$$

$$7.66 \quad h_2 = h_1 \frac{x_2^2}{x_1^2} = 2,7 \text{ м}$$

$$7.67 \quad v_{\max} = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gR}$$

$$7.68 \quad u_{2x} = \frac{Mv_0 - mu_1}{M - m} = -20 \text{ м/с}$$

$$7.69 \quad v = \sqrt{2g \left(H - \frac{3L \cos \alpha}{4} \right)}$$

$$7.70 \quad L_{\max} = L + v_0 \sqrt{\frac{m}{2k}}$$

$$7.71 \quad V_r = \sqrt{\frac{gh}{39}}$$

$$7.72 \quad L = \frac{g(\mu - \operatorname{ctg} \alpha)}{\omega^2(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$7.73 \quad a = \frac{F}{m} - \frac{\mu g}{\sin \alpha} \approx 0,2 \text{ м/с}^2$$

$$7.74 \quad V = \frac{MV_0}{M + m} = 1,6 \text{ м/с}$$

$$7.75 \quad a = g \left(\sin \beta - \frac{\mu \cos \beta}{\sin(\alpha/2)} \right) \text{ при } \mu \leqslant \operatorname{tg} \beta \sin \frac{\alpha}{2}, \quad a = 0 \text{ при } \mu \geqslant \operatorname{tg} \beta \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$7.76 \quad H = 4h$$

$$7.77 \quad a_0 = \frac{F}{4} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} = 2,5 \text{ м/с}^2$$

$$7.78 \quad F = 2Mg \frac{M + m}{M + m/2} \approx 2,18 \text{ Н}$$

$$7.79 \quad F = \frac{\mu mg}{1 + 2\mu \cos \alpha} = 1,5 \text{ Н}$$

$$7.80 \quad F = \frac{\mu mg}{2(1 + \mu \operatorname{tg} \alpha)} \approx 0,9 \text{ Н}$$

$$7.81 \quad H = h + \frac{gt^2 \sin^2 2\alpha}{2}$$

$$7.82 \quad f \approx \frac{mg\alpha}{8n} = 250 \text{ Н}$$

$$7.83 \quad \alpha = \frac{\arcsin \left(\sqrt{\frac{2(H-h)}{gt^2}} \right)}{2} = 30^\circ$$

$$8.8 \quad \frac{P_{\text{III}}}{P_{\text{III}}} = \frac{l - \mu h}{l + \mu h}, \text{ где } l - \text{длина автомобиля, } \mu - \text{коэффициент трения колёс о дорогу, } h - \text{высота центра тяжести автомобиля над дорогой}$$