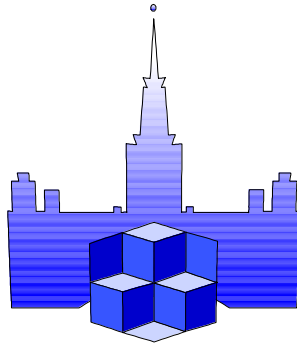


# ФИЗИКА

## СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Часть I  
Механика (1)

Составитель **Т.П. Корнеева**



Школа имени А.Н. Колмогорова  
2011



# **СБОРНИК ЗАДАЧ по ФИЗИКЕ**

Часть I

## **МЕХАНИКА (1)**

Составитель **Т.П.Корнеева**

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

Корнеева Т.П.  
Сборник задач по физике.  
Часть I. Механика (1).  
Кинематика. Динамика.

Издание третье, исправленное и дополненное.  
Школа им. А.Н. Колмогорова, 2011. – 38 с.

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

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

## КИНЕМАТИКА

### *Координатное представление движения. Прямолинейное равнопеременное движение.*

**1.1.** Уравнение движения материальной точки имеет вид:

$$x(t) = 8t - 2t^2.$$

Найдите координату точки через 6 с и путь, пройденный ею за это время. Постройте графики  $x(t)$ ,  $s(t)$ ,  $v_x(t)$ .

**1.2.** Уравнение движения материальной точки имеет вид:

$$x(t) = 3 - 4t + t^2.$$

Найдите координату точки через 4 с и путь, пройденный ею за это время. Постройте графики  $x(t)$ ,  $s(t)$ ,  $v_x(t)$ .

**1.3.** Поезд прошел путь  $S = 60$  км за время  $t = 52$  мин. Он начал движение с постоянным ускорением, в конце шел до остановки с таким же по величине ускорением, остальное время его скорость была равна  $V = 72$  км/ч. Найдите величину ускорения поезда.

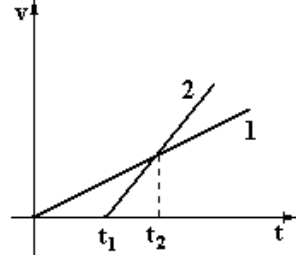
**1.4.** Расстояние между двумя станциями  $L = 3$  км поезд проходит со средней скоростью  $V = 54$  км/ч. На разгон поезд затрачивает время  $t_1 = 25$  с, а на торможение  $t_2 = 15$  с. Считая, что при разгоне и торможении поезд движется равнопеременно, найти его наибольшую скорость и построить график зависимости скорости поезда от времени.

**1.5.** Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью  $V_1 = 40$  км/ч, вторую - со скоростью  $V_2 = 60$  км/ч. Найти среднюю скорость автомобиля на всем пройденном пути.

**1.6.** Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью  $V_1 = 60$  км/ч, оставшуюся часть пути он половину времени двигался со скоростью  $V_2 = 15$  км/ч, а последний участок - со скоростью  $V_3 = 45$  км/ч. Найти среднюю скорость автомобиля на всем пути

**1.7.** Из одного гаража по одной и той же дороге выезжают две автомашины. На рисунке даны графики их скоростей. Когда вторая машина догонит первую?

$t_1 = 5$  мин,  $t_2 = 9$  мин.



**1.8.** Пассажир первого вагона прогуливался по перрону. Когда он был у последнего вагона, поезд начал двигаться с ускорением  $a$ . Пассажир сразу же побежал к своему вагону. С какой скоростью должен бежать пассажир, чтобы успеть сесть в первый вагон? Длина поезда равна  $L$ .

**1.9.** По гладкой наклонной плоскости из точек  $A$  и  $B$  одновременно начали двигаться два тела: из точки  $A$  - вверх с начальной скоростью  $V = 0,5$  м/с, из точки  $B$  - вниз без начальной скорости. Найдите, через какое время тела встретятся, если первоначальное расстояние между телами  $AB = 2,5$  м.

**1.10.** Шайбу толкнули вверх вдоль наклонной плоскости. В некоторой точке плоскости шайба побывала дважды: через  $1$  с и через  $3$  с от начала движения. Какую скорость сообщили шайбе, если известно, что вершина траектории находится на расстоянии  $1$  м от основания плоскости?

**1.11.** Лыжник съезжает с горы длиной 40 м за 5 с и затем движется по горизонтальному участку до остановки еще 20 м. Сколько всего времени затратил лыжник на спуск, если он стартовал из состояния покоя?

**1.12.** За какое время свободно падающее без начальной скорости тело пройдет сотый сантиметр своего пути? тысячный?

**1.13.** Свободно падающее без начальной скорости тело в последнюю секунду падения прошло  $\frac{2}{3}$  своего пути. С какой высоты упало тело?

**1.14.** С каким промежутком времени оторвались от карниза крыши две капли, если спустя время  $t = 2$  с после начала падения второй капли расстояние между каплями было  $S = 25$  м?

**1.15.** Тело, брошенное вертикально вверх, дважды проходит через точку на высоте  $h$ . Промежуток времени между этими прохожденьями равен  $\tau$ . Найти начальную скорость и полное время движения тела.

**1.16.** Тело, брошенное вертикально вверх, проходит в первую секунду половину высоты подъема. Какое расстояние проходит тело в последнюю секунду своего движения?

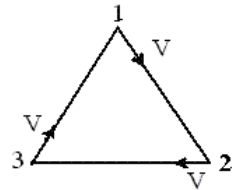
**1.17.** С аэростата, опускающегося со скоростью  $U$ , бросают вверх камень со скоростью  $V_0$  ( $V_0 > U$ ) относительно аэростата. Какова максимальная высота подъема камня относительно аэростата? Через какое время от момента бросания камень поравняется с аэростатом? Каким будет расстояние между аэростатом и камнем к моменту наивысшего подъема камня относительно земли? Рассмотрите движение тел в системах отсчета «Земля» и «Аэростат» и постройте графики их движения в этих СО.

**1.18.** Аэростат поднимается с земли вертикально вверх с ускорением  $a = 2 \text{ м/с}^2$ . Через время  $\tau = 5 \text{ с}$  от начала движения из него выпал предмет. Через какое время этот предмет упадет на землю?

**1.19.** Аэростат поднимается вертикально вверх с постоянной скоростью  $10 \text{ м/с}$ . На высоте  $80 \text{ м}$  из кабины аэростата вертикально вверх бросили камень со скоростью  $20 \text{ м/с}$  относительно кабины. Найти время полета камня до встречи с кабиной и скорость камня при падении на землю.

***Векторное представление движения.  
Сложение движений.***

**1.20.** Три черепахи находятся в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$ . Они начинают одновременно двигаться со скоростью  $V$ , причем каждая черепаха ползет по направлению к соседке. Найдите, где встретятся черепахи, через какое время это произойдет, и какой путь пройдет каждая черепаха.

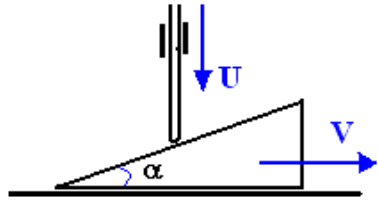


**1.21.** Шоссейные дороги пересекаются под прямым углом. По ним движутся автомобили со скоростями  $V_1$  и  $V_2$ . В некоторый момент времени расстояния автомобилей от перекрестка были одинаковы и равны  $L$ . На каком минимальном расстоянии друг от друга окажутся автомобили при движении? На каких расстояниях от перекрестка будут при этом находиться автомобили?

**1.22.** Астрономы из галактики  $A$  видят, что все другие галактики ( $B$ ,  $C$  и т.д.) удаляются от них со скоростями, пропорциональными расстоянию:  $V_B = k \cdot R_{AB}$ ,  $V_C = k \cdot R_{AC}$ , и т.д. Что видят астрономы из галактики  $B$ ?



**1.23.** Клин, лежащий на гладкой горизонтальной опоре, выталкивают с помощью вертикального стержня, опускающегося со скоростью  $U$ .



Угол при вершине клина  $\alpha = 30^\circ$   
Какова скорость клина?

**1.24.** Спортсмены бегут колонной длины  $L$  с одинаковой скоростью  $V$ . Навстречу бежит тренер со скоростью  $U$  ( $U < V$ ). Каждый спортсмен, поравнявшись с тренером, поворачивает и бежит назад с той же скоростью  $V$ . Какова будет длина колонны, когда все спортсмены развернутся?

**1.25.\*** С подводной лодки, погружающейся равномерно, испускаются звуковые импульсы длительности  $T_0$ . Длительность приема отраженного от дна импульса равна  $T$ . Скорость звука в воде равна  $c$ . С какой скоростью погружается подводная лодка?

**1.26.** Рыбак плывет по реке в лодке против течения. Когда он проплыл под мостом, с него слетела шляпа. Он заметил это только через 30 мин и сразу повернул обратно. Шляпу он догнал на расстоянии 5 км от моста. Найдите скорость течения реки, если рыбак гребет все время одинаково.

**1.27.** Два катера, шедшие навстречу, встретились у моста и разошлись. Повернув через время  $\tau = 1$  час, они вновь встретились на расстоянии  $L = 4$  км от моста. Определить скорость течения, полагая, что скорость катеров относительно воды оставалась неизменной.

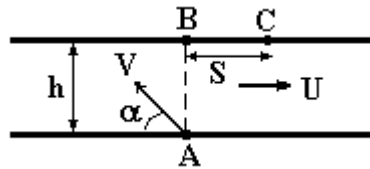
**1.28.** Теплоход идет из Москвы в Астрахань 3 дня, а обратно 4 дня. Сколько времени плывут плоты из Москвы в Астрахань?

**1.29.** Эскалатор метро спускает идущего по нему вниз человека за 1 минуту. Если человек будет идти вдвое быстрее, то он спустится за 45 секунд. Сколько времени спускается человек, стоящий на эскалаторе?

**1.30.** Человек бежит вниз по спускающемуся эскалатору и насчитывает  $n_1 = 50$  ступенек. Во второй раз он бежит со скоростью втрое большей и насчитывает  $n_2 = 75$  ступенек.

Сколько ступенек на неподвижном эскалаторе?

**1.31.** Лодочник, желая переправиться через реку ширины  $h$  из пункта А в пункт В, все время направляет лодку под углом  $\alpha$  к берегу. Найдите скорость лодки относительно



воды, если лодку снесло течением ниже пункта В на расстояние  $S$ , а скорость течения реки равна  $U$ .

**1.32.** Под каким углом к берегу должна двигаться лодка, чтобы пересечь реку по кратчайшему пути, если скорость течения  $V_t = 0,3$  м/с, а скорость лодки относительно воды равна  $V = 1,8$  км/ч? Через какое время лодка достигнет берега, если ширина реки  $L = 240$  м?

**1.33.** Найдите минимальную скорость пловца, при которой он сможет из точки А на берегу реки попасть в точку С на другом берегу, находящуюся на расстоянии  $S$  ниже по течению. Ширина реки  $h$ , скорость течения  $U$  (рис. к задаче 1.31). В каком направлении ему следует плыть с такой скоростью?

**1.34.** На улице идет дождь. В каком случае ведро, стоящее в кузове грузового автомобиля, наполнится водой быстрее: когда автомобиль движется или когда он стоит?

**1.35.** Идет отвесный дождь. Скорость капель  $U$ . По асфальту со скоростью  $V$  скользит круглый мяч. Во сколько раз число капель, попадающих на мяч за некоторый промежуток времени, отличается от числа капель, попадающих на такой же, но неподвижный мяч?

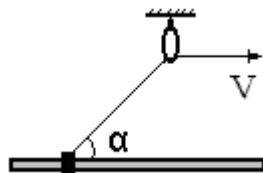
**1.36.** Теннисный мяч роняют на высоте  $H$  над плитой, которую поднимают вверх со скоростью  $u$ . Определите время между двумя последовательными ударами мяча о плиту, если удары абсолютно упругие.

**1.37.\*** По широкому ровному полю проложено прямое шоссе. По шоссе со скоростью  $V$  едет автобус. Человек может бегать со скоростью  $U < V$ . Найти область поля, из которой человеку есть смысл бежать к шоссе, чтобы встретиться с автобусом.

**1.38.\*** Самолет летит горизонтально на высоте  $H = 4$  км над поверхностью земли со сверхзвуковой скоростью. Звук доходит до наблюдателя через  $t = 10$  с после того, как над ним пролетел самолет. Найдите скорость самолета, если скорость звука в воздухе равна  $c = 330$  м/с.

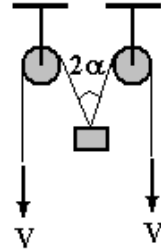
**1.39.** Движущийся со скоростью  $V = 30$  км/ч катер буксирует спортсмена на водных лыжах. Буксировочный трос образует с вектором скорости катера угол  $\alpha = 150^\circ$ , а с направлением движения лыжника угол  $\beta = 60^\circ$ . С какой скоростью движется в этот момент лыжник?

**1.40.** К ползуну, который может перемещаться по направляющей рейке, прикреплен шнур, продетый через кольцо. Шнур выбирают со скоростью  $V$ . С какой скоростью  $U$  движется ползун в тот

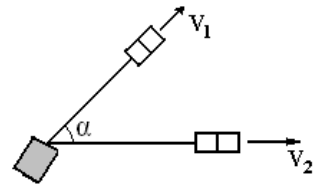


момент, когда шнур составляет с направляющей рейкой угол  $\alpha$ ?

**1.41.** Рабочие, поднимающие груз, тянут канаты с одинаковой скоростью  $V$ . Какую скорость  $U$  имеет груз в тот момент, когда угол между канатами, к которым он прикреплен, равен  $2\alpha$ ?



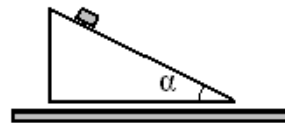
**1.42.** Два трактора, движущиеся со скоростями  $V_1$  и  $V_2$  буксируют с помощью тросов автомобиль. Определить величину и направление скорости автомобиля в тот момент, когда тросы параллельны векторам  $V_1$  и  $V_2$ , а угол между ними равен  $\alpha$ .



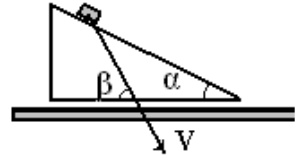
**1.43.** Вымпел на мачте корабля образует угол  $60^\circ$  с курсом корабля при его скорости  $V = 20$  км/ч. Не меняя курса, корабль увеличил скорость в 2 раза, при этом угол стал равен  $30^\circ$ . Найти по этим данным скорость ветра, считая ее неизменной. При какой скорости корабля угол будет равен  $90^\circ$ ?

**1.44.** Два корабля идут встречным курсом строго параллельно направлению Север-Юг с одинаковыми скоростями, равными  $V = 20$  км/ч. Шлейф дыма одного корабля вытянулся строго на запад, а шлейф дыма второго корабля вытянулся в направлении на северо-запад. Найдите по этим данным скорость ветра, считая ее неизменной.

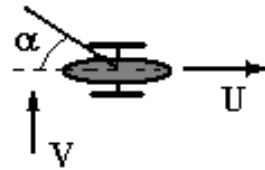
**1.45.** Брусочек находится на поверхности клина. Поверхность составляет с горизонтом угол  $\alpha$ . С каким горизонтальным ускорением должен двигаться клин, чтобы брусочек свободно падал?



**1.46.** Вектор скорости тела, соскальзывающего с поверхности клина, изображен на рисунке. Графическим построением найдите скорость клина.

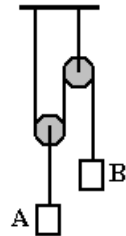


**1.47.** Буер представляет собой парусные сани. Он может двигаться лишь по линии, по которой направлены его полозья. Ветер дует со скоростью  $V$ , перпендикулярной движению буера.

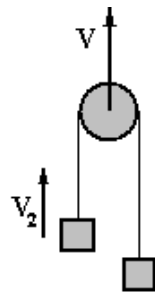


Парус буера установлен под углом  $\alpha = 30^\circ$  к линии полозьев. Какую скорость может развить буер?

**1.48.** Скорость груза А равна  $V_A$ . Чему равна скорость груза В?



**1.49.** Через блок перекинута нерастяжимая нить с двумя кубиками на концах. Блок тянут вверх с постоянной скоростью  $V$ . Найти скорость правого кубика в тот момент, когда скорость левого кубика равна  $V_2$ .



***Криволинейное движение в поле тяжести.***

**1.50.** Камень, брошенный с башни горизонтально с начальной скоростью 10 м/с, упал на расстоянии 20 м от основания башни. С какой высоты был брошен камень?

**1.51.** Камень бросили с крутого берега реки вверх под углом  $30^\circ$  к горизонту со скоростью  $V = 10$  м/с. С какой скоростью и на каком расстоянии от берега он упадет в воду, если время полета равно  $t = 2$  с?

**1.52.** С какой скоростью был брошен камень под углом к горизонту, если на высоте  $H = 7,5$  м его скорость оказалась вдвое меньше скорости в момент бросания.

**1.53.** Тело брошено горизонтально с некоторой высоты со скоростью  $V = 15$  м/с. Чему равны нормальное и касательное ускорения через время  $t = 1$  с после начала движения?

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

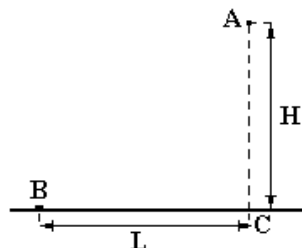
**1.55.** Камень брошен под углом  $45^\circ$  к горизонту с начальной скоростью 10 м/с. Через какое время его скорость будет составлять с горизонтом угол  $30^\circ$ ?

**1.56.** Мальчик бросает мяч к стене, находящейся от него на расстоянии  $L = 6$  м, под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. После упругого удара о стену мяч падает точно к ногам мальчика.

Какова начальная скорость мяча, если он был брошен с высоты  $h = 1,5$  м?

**1.57.** Теннисный мяч ударяют ракеткой у самой земли, сообщая ему скорость  $V_0 = 20$  м/с под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту по направлению к вертикальной стене, находящейся на расстоянии  $L = 15$  м. На каком расстоянии от места удара мяч упадет на землю после упругого соударения со стеной?

**1.58.** Из точки А свободно падает тело. Одновременно из точки В бросают другое тело так, чтобы оба тела столкнулись в воздухе. Под каким углом следует бросить второе тело и с какой скоростью?  $AC = H$ ,  $BC = L$ .



**1.59\*** С земли необходимо перебросить мяч через сетку, находящуюся на расстоянии  $L$  от места броска. Верхний край сетки находится на высоте  $H$ . При какой наименьшей начальной скорости мяч перелетит через сетку? Под каким углом к горизонту необходимо его при этом бросить?

**1.60.\*** Под каким углом к горизонту необходимо бросить камень с обрыва высотой  $H = 20$  м со скоростью  $V = 14$  м/с, чтобы он упал как можно дальше?

**1.61.\*** Ракета стартовала под углом  $\alpha$  к поверхности земли и летит с постоянным ускорением. В какой-то момент от нее отделилась несущественная деталь и спустя время  $\tau$  упала на землю. На каком расстоянии от места старта упала эта деталь? Землю считать плоской.

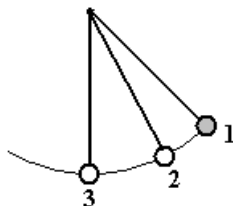
**1.62.** Из шланга, отверстие которого расположено вблизи поверхности земли, бьет под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту струя воды с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с. Площадь отверстия шланга  $S = 5$  см<sup>2</sup>. Определите массу струи, находящейся в воздухе.

**1.63.** В сферической лунке прыгает шарик, упруго ударяясь о ее стенки в двух точках, расположенных на одной горизонтали. Время движения справа налево равно  $T_1$ , время движения слева направо равно  $T_2$ . Определите радиус лунки.



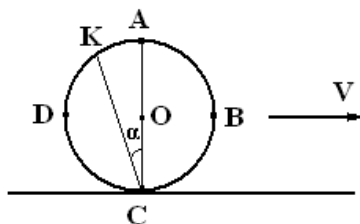
*Движение материальной точки по окружности.  
Плоское движение твердого тела.*

**1.64.** Маятник в виде шарика на нити отклонили в положение 1 и отпустили. Нарисовать вектор полного ускорения шарика в положениях 1, 2, 3.



**1.65.** Диск катится без проскальзывания со скоростью  $V$ . Найти:

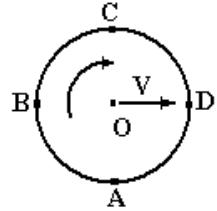
- скорости точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  относительно земли,
- положение мгновенного центра вращения (МЦВ),
- геометрическое место точек на диске, имеющих по величине скорость  $V$  (скорость центра).



Чему равна и куда направлена скорость произвольной точки  $K$  на ободу диска (положение точки  $K$  задается углом  $\alpha$ ) ?



**1.66.** Ось вращающегося диска движется прямолинейно в горизонтальном направлении со скоростью  $V$ . Радиус диска равен  $R$ . Найти мгновенные скорости и ускорения точек  $B, C, D$  диска, если известно, что мгновенная скорость точки  $A$  равна  $V_1$ . Чему равна угловая скорость вращения диска?



**1.67.** Диск радиуса  $R$  катится по горизонтальной поверхности с проскальзыванием. Скорость центра диска равна  $V_0$ , скорость нижней точки относительно поверхности равна  $V_1$ . Где находится мгновенный центр вращения? Рассмотреть случаи проскальзывания диска назад и вперед.

**1.68.** Колесо радиуса  $R$  движется прямолинейно со скоростью  $V$ , вращаясь с угловой скоростью  $\omega$ . Найти положение мгновенной оси вращения относительно центра диска.

**1.69.** Колесо, имеющее в окружности  $1$  м, двигаясь равномерно с проскальзыванием, переместилось на  $2$  м, совершив при этом  $5$  оборотов. На каком расстоянии от центра колеса расположена мгновенная ось вращения?

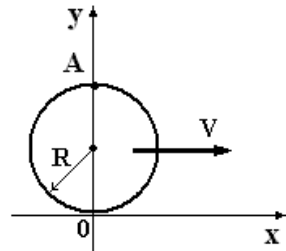
**1.70.** Диск радиуса  $R$  катится без проскальзывания со скоростью  $V$  по горизонтальной поверхности.

Записать уравнения движения точки  $A$  в системе координат, связанной с землей:

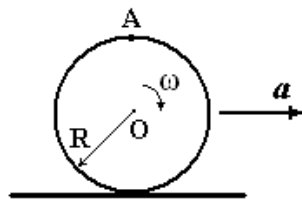
$$x_A(t), y_A(t).$$

$$\text{При } t = 0 \quad x_A = 0, y_A = 2R.$$

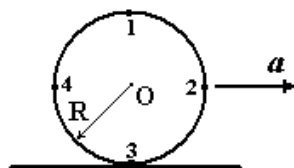
Что представляет собой траектория точки  $A$ ?



**1.71.** Центр колеса, вращающегося с постоянной угловой скоростью  $\omega$ , начинает двигаться с ускорением  $a$ . Радиус колеса  $R$ . Сколько петель будет иметь траектория точки  $A$ , занимающей в начальный момент положение, указанное на рисунке?



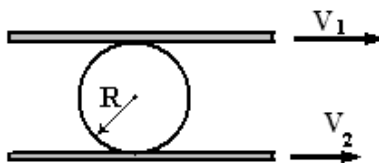
**1.72.\*** Колесо радиуса  $R$  катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости. При этом центр колеса движется прямолинейно с постоянным ускорением  $a$ . В некоторый момент времени скорость центра колеса равна  $V$ .



Найдите в этот момент величину ускорения точек колеса, находящихся в положении 1, 2, 3, 4.

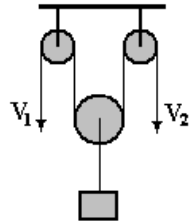
**1.73.** Шар радиуса  $r = 2,5$  см катится равномерно без скольжения по двум параллельным линейкам, находящимся на расстоянии  $d = 4$  см друг от друга. За время  $\tau = 2$  с шар проходит расстояние  $L = 120$  см. Найти скорости движения верхней и нижней точек шара.

**1.74.** Цилиндрический каток радиуса  $R$  помещен между двумя досками, движущимися со скоростями  $V_1$  и  $V_2$ .

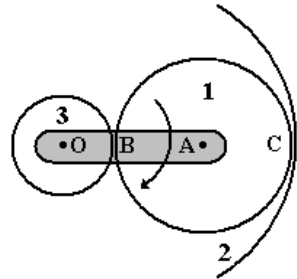


Найти скорость оси катка и угловую скорость вращения катка при отсутствии проскальзывания. Рассмотрите случаи движения досок в одном направлении и в противоположных направлениях

**1.75.** Найти скорость подъема груза и угловую скорость вращения подвижного блока, если радиус блока равен  $R$ .

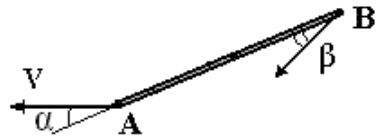


**1.76.** Кривошип  $OA$ , вращаясь вокруг оси  $O$ , приводит в движение колесо 1 радиуса  $R = 20$  см, катящееся по внутренней поверхности неподвижного круга 2. Колесо 1, соприкасаясь с колесом 3 радиуса  $r = 10$  см, заставляет его вращаться вокруг оси  $O$ . (Колесо 3 свободно надето на ось  $O$  и не связано с кривошипом  $OA$ ).



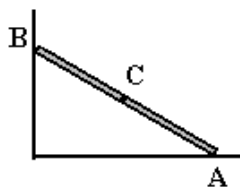
Между колесами 1 и 3 и колесом 1 и кругом 2 проскальзывания нет. Во сколько раз угловая скорость  $\omega$  колеса 3 больше угловой скорости  $\Omega$  кривошипа  $OA$ ?

**1.77.** Тонкая палочка  $AB$  длиной  $L$  движется в плоскости чертежа так, что в данный момент скорость ее конца  $A$  равна  $V$  и направлена под углом  $\alpha$  к палочке, а скорость конца  $B$  – под углом  $\beta$ .

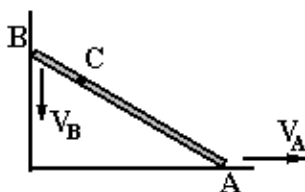


Найти точку на палочке, скорость которой направлена вдоль палочки, и определить величину скорости этой точки.

**1.78.** Стержень АВ длиной  $L$  скользит по взаимно перпендикулярным направляющим. Какой путь пройдет точка  $C$ , лежащая на середине стержня, при движении стержня от вертикального до горизонтального положения?



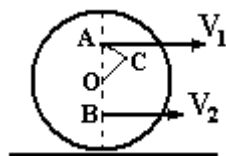
**1.79.\*** Стержень АВ длины  $L$  скользит по взаимно перпендикулярным направляющим в плоскости рисунка. В некоторый момент скорость точки А равна  $V_A$ , а скорость точки В равна  $V_B$ .



Найдите скорость точки  $C$ , находящейся на расстоянии  $x$  от точки В. Рассмотрите частный случай середины стержня.

**1.80.** Равнобедренный треугольник  $ABC$  с углом  $\alpha$  при вершинах  $A$  и  $C$  движется так, что в некоторый момент скорость вершины  $B$  равна  $V_B$  и направлена вдоль стороны  $AB$ , а скорость вершины  $C$  направлена вдоль стороны  $BC$ . Найти величину скорости вершины  $A$  в этот момент времени.

**1.81.** Цилиндрический стержень движется по плоскости так, что в некоторый момент скорости его точек  $A$  и  $B$  параллельны плоскости и перпендикулярны оси стержня, а их величины равны  $V_1$  и  $V_2$ . Найти величину скорости точки  $C$  в этот момент времени, если  $\angle AOC = \alpha$ , и все указанные точки находятся на одинаковом расстоянии от оси стержня.



## ДИНАМИКА

### *Движение тел со связями.*

**2.1.** Тело массы  $m$  находится на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между поверхностью и телом равен  $\mu$ . На тело действует сила  $F$ , приложенная под углом  $\alpha$  к горизонту. Найти ускорение тела.

**2.2.** Автомобиль массой  $M = 3 \cdot 10^3$  кг движется с постоянной скоростью  $V = 36$  км/час по мосту с радиусом кривизны  $R = 60$  м. С какой силой давит автомобиль на мост в тот момент, когда линия, соединяющая центр кривизны моста с автомобилем, составляет угол  $\alpha = 15^\circ$  с вертикалью?

- а) Мост выпуклый.
- б) Мост вогнутый.

**2.3.** На подставке лежит тело, подвешенное к потолку с помощью пружины. Жесткость пружины  $k$ , масса тела  $m$ . В начальный момент пружина не растянута. Подставку начинают опускать вниз с постоянным ускорением  $a$ . Через какое время тело оторвется от подставки?

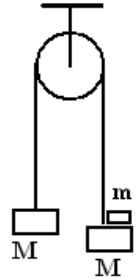
**2.4.** Два груза массами  $M_1 = 3$  кг и  $M_2 = 5$  кг, связанные шнуром, лежат на горизонтальном столе. Шнур разрывается при силе натяжения  $T = 24$  Н. Какую максимальную силу  $F$  можно приложить к грузу  $M_1$ , не разорвав шнур? К грузу  $M_2$ ?

- а) Стол гладкий.
- б) Коэффициент трения  $\mu$  грузов о стол одинаков.

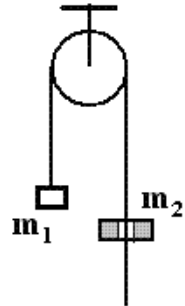
**2.5.** Тяжелый канат перемещают по горизонтальной поверхности, прикладывая силу  $F$ . Масса каната  $M$ , длина  $L$ . Найдите силу натяжения в сечении каната на расстоянии  $x$  от переднего конца.

**2.6.\*** Однородный стержень массы  $M$  и длиной  $2L$  вращается в горизонтальной плоскости с угловой скоростью  $\omega$  вокруг оси, проходящей через его середину. Найти силу натяжения в сечении стержня на расстоянии  $x$  от оси вращения.

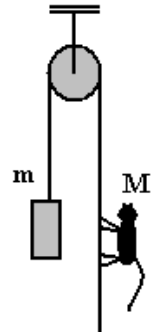
**2.7.** В системе, изображенной на рисунке, найти: ускорение тел, силу натяжения нити и силу давления перегрузка  $m$  на нижний груз  $M$ . Система идеальна.



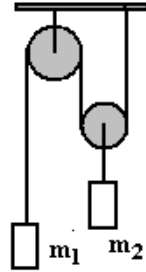
**2.8.** Через легкий вращающийся без трения блок перекинут шнурок. К одному концу шнурка привязан груз массой  $m_1$ . По другому концу шнурка может скользить кольцо массой  $m_2$ . С каким ускорением движется груз  $m_1$ , если кольцо скользит относительно шнурка с ускорением  $a$ ? Чему равна сила трения кольца о шнурок?



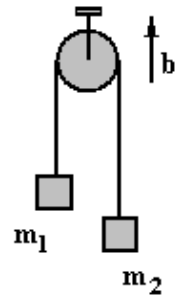
**2.9.** Через блок перекинута веревка, с одной стороны которой прикреплен груз массой  $m$ , а с другой стороны находится обезьяна массой  $M$ . Обезьяна взбирается вверх по веревке с ускорением  $a_0$  относительно веревки. Найти ускорение обезьяны относительно блока. С каким ускорением относительно веревки должна двигаться обезьяна, чтобы добраться до блока в том случае, когда её масса больше массы груза?



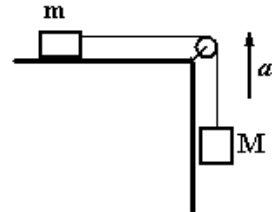
**2.10.** В системе, изображенной на рисунке, найти ускорения грузов и силу натяжения нити, прикрепленной к грузу  $m_1$ .



**2.11.** Блок движется с ускорением  $b$ . Найти ускорения грузов относительно блока и силу натяжения нити. Решите задачу в инерциальной и неинерциальной системах отсчета.



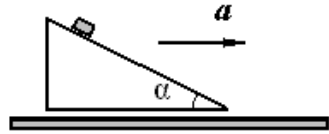
**2.12.** Установка, изображенная на рисунке, находится в лифте, который движется вверх с ускорением  $a$ . Трения нет. Каково натяжение нити?



**2.13.** На тележке, движущейся в горизонтальном направлении с ускорением  $a$ , стоит сосуд с жидкостью. Определить угол наклона поверхности жидкости к горизонтали, считая положение жидкости в сосуде установившимся.

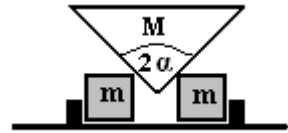
**2.14.** Доска массой  $M$  может скользить без трения по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту  $\alpha$ . В каком направлении и с каким ускорением должна бежать по доске собака массой  $m$ , чтобы доска не соскальзывала с наклонной плоскости?

**2.15.** На гладкой наклонной плоскости клина, движущегося вправо с ускорением  $a$ , находится брусок массой  $m$ . Найти ускорение бруска относительно земли и силу давления бруска на плоскость.

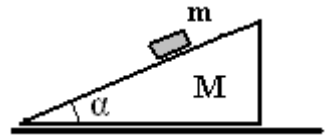


При какой величине ускорения клина брусок будет неподвижен относительно клина?

**2.16.** Клин массы  $M$  с углом при вершине  $2\alpha$  опирается на два куба массы  $m$  каждый, стоящие на гладком столе и удерживаемые упорами. Упоры одновременно убирают. Найти ускорение клина. Трения нет.



**2.17.** Призма массы  $M$  с углом  $\alpha$  при основании находится на гладком столе. По поверхности призмы скользит без трения тело массы  $m$ . Найти ускорение призмы.



**2.18.** Чтобы удерживать брусок на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$ , надо приложить силу  $F_1$ , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы втаскивать его вверх с постоянной скоростью, надо приложить силу  $F_2$  в том же направлении. Найти коэффициент трения тела о плоскость.

**2.19.** Тело массы  $m$  находится на наклонной плоскости, угол наклона которой может меняться от  $0$  до  $\pi/2$ . Найти силу трения как функцию угла  $\alpha$ , если коэффициент трения равен  $\mu$ . Изобразить найденную зависимость графически.



**2.20.** За какое время тело соскользнет с наклонной плоскости высотой  $h$ , наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту, если при угле наклона  $\beta$  оно движется равномерно?

**2.21.** Чтобы удержать тело массы  $m$  на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$ , к нему приложили силу  $F$ , направленную вдоль наклонной плоскости. В каких пределах может изменяться значение силы  $F$ , чтобы тело оставалось в покое? Коэффициент трения между телом и плоскостью равен  $\mu$ .

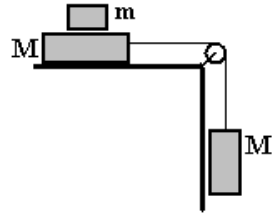
**2.22.** Автомобиль трогается с места и равномерно набирает скорость, двигаясь по горизонтальному участку дороги, представляющему собой дугу окружности  $\alpha = 30^\circ$ , имеющую радиус  $R = 100$  м. С какой максимальной скоростью автомобиль может выехать на прямой участок пути? Коэффициент трения колес о землю равен  $\mu = 0,3$ .

**2.23.** На горизонтальной доске лежит груз. Коэффициент трения между доской и грузом  $\mu = 0,1$ . Какое ускорение в горизонтальном направлении следует сообщить доске, чтобы груз мог с нее соскользнуть?

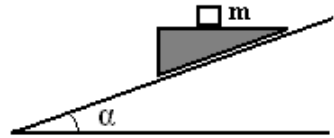
**2.24.** На гладком столе лежит доска массой  $M$ , на которой находится брусок массы  $m$ . К бруску прикладывают силу  $F$ , величина которой может изменяться. Найти ускорения тел при различных значениях силы и изобразить на одном графике функции  $a(F)$  и  $A(F)$ . Коэффициент трения между доской и бруском равен  $\mu$ .



**2.25.** При каком значении коэффициента трения между телами они будут проскальзывать друг относительно друга? Больше нигде трения нет.

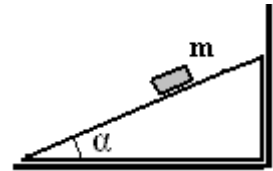


**2.26.** С наклонной плоскости, угол наклона которой равен  $\alpha$ , соскальзывает без трения клин. Верхняя грань клина горизонтальна. Тело массы  $m$  неподвижно относительно клина.

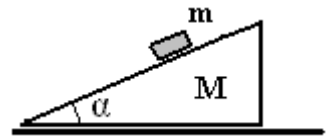


Чему равна при этом сила трения? При каком значении коэффициента трения возможна такая ситуация?

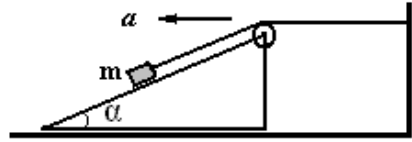
**2.27.** Определить силу, действующую на стенку со стороны клина при соскальзывании с него груза массы  $m$ . Угол при основании клина  $\alpha$ . Коэффициент трения между грузом и поверхностью клина  $\mu$ . Трения между клином и полом нет.



**2.28.** По гладкой поверхности клина массой  $M$  с углом при основании  $\alpha$  скользит брусок массы  $m$ . Найти минимальный коэффициент трения между клином и плоскостью, при котором клин покоится.



**2.29.** Клин с углом  $\alpha$  при вершине находится на горизонтальном столе. На поверхности клина находится

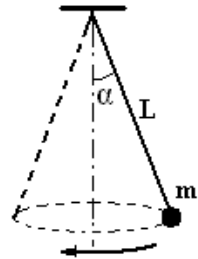


брусочек массы  $m$ , который невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через блок, привязан к неподвижной стене. Клин двигают по столу влево с постоянным ускорением  $a$ . Найдите силу натяжения нити. Трения нет.

**2.30.** На наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  неподвижно лежит кубик. Коэффициент трения между кубиком и плоскостью равен  $\mu$ . Наклонная плоскость начинает двигаться с ускорением  $a$  в горизонтальном направлении. При каком минимальном значении этого ускорения кубик будет

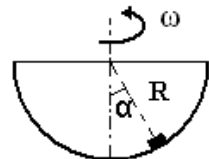
- а) соскальзывать вниз?
- б) подниматься вверх?

**2.31.** Конический маятник представляет собой шарик, прикрепленный к нити и движущийся по окружности в горизонтальной плоскости. Масса шарика  $m$ , длина нити  $L$ , угол отклонения нити от вертикали  $\alpha$ . Найдите скорость шарика и силу натяжения нити.



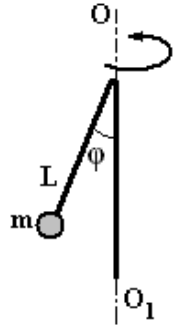
При какой минимальной угловой скорости возможно такое движение шарика?

**2.32.** Небольшая шайба массы  $m$  находится на внутренней поверхности полусферы радиуса  $R$ , вращающейся вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega$ . Найдите, при каких значениях коэффициента трения между полусферой и шайбой она не соскальзывает вниз.

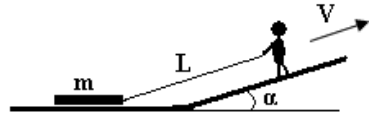


Угол между осью и радиусом, проведенным в точку нахождения шайбы, равен  $\alpha$ .

**2.33.** Невесомый стержень, изогнутый под углом  $\varphi$ , вращается с угловой скоростью  $\omega$  относительно оси  $OO_1$ . К концу стержня длины  $L$  прикреплен груз массы  $m$ . Определить силу, с которой стержень действует на груз.

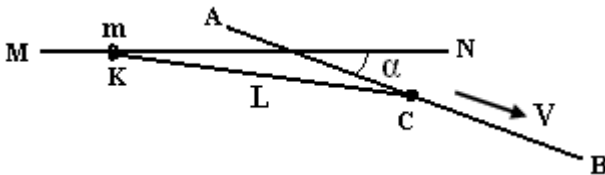


**2.34\*.** Человек поднимается в гору с углом наклона  $\alpha$  с постоянной скоростью  $V$  и тянет за собой при помощи легкой веревки



длины  $L$  сани массы  $m$ , находящиеся на горизонтальном участке дороги. Найти натяжение веревки в тот момент, когда она составляет угол  $\alpha$  с горизонтальной поверхностью. Силой трения саней о поверхность дороги пренебречь.

**2.35\*.** Собака бежит по тропинке  $AB$  с постоянной скоростью  $V$ . К ошейнику собаки привязан легкий горизонтально висящий трос длины  $L$ . Другой конец троса заканчивается кольцом  $K$  массы  $m$ , которое может скользить без трения по горизонтально натянутой проволоке  $MN$ , составляющей угол  $\alpha = 60^\circ$  с тропинкой  $AB$ . Найти натяжение троса в тот момент, когда кольцо и собака находятся на одинаковом расстоянии от места пересечения тропинки и проволоки.



**2.36.** Металлическая цепочка длины  $L = 32$  см, концы которой соединены, насажена на обод диска. Диск вращается вокруг вертикальной оси, делая  $n = 60$  оборотов в секунду. Найдите силу натяжения между звеньями цепочки, если ее масса равна  $m = 40$  г.

**2.37.** По резиновой трубке, свернутой в кольцо, циркулирует вода со скоростью  $V$ . Радиус кольца  $R$ , диаметр трубки  $d \ll R$ . С какой силой растянута резиновая трубка?

### *Закон всемирного тяготения.*

**2.39.** Свой эксперимент по определению гравитационной постоянной английский ученый Генри Кавендиш назвал «взвешиванием Земли».

Определите массу Земли, если полученное им значение гравитационной постоянной  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ , а средний радиус Земли  $R_3 = 6370$  км.

**2.40.** Найдите массу Солнца, зная, что радиус орбиты Земли равен 150 миллионам километров, а продолжительность года примерно равна  $3,14 \cdot 10^7$  секунд.

**2.41.** В астрономии часто измеряют массы звезд в массах Солнца, расстояния в астрономических единицах (1 а.е. равна радиусу земной орбиты), а периоды обращения звезд и планет - в земных годах.

Найдите расстояние между звездами в двойной звездной системе, если известно, что сумма их масс равна двум солнечным массам, а период обращения вокруг центра масс равен двум земным годам. Ответ дайте в астрономических единицах.

**2.42.** Масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а радиус Луны равен 1700 км. Найдите первую космическую скорость для Земли и для Луны, а также соответствующие периоды обращения спутников на околоземной и окололунной орбитах. Радиус Земли примите равным 6400 км.

**2.43.** Период обращения спутника вблизи поверхности некоторой планеты равен  $T_1 = 5 \cdot 10^3$  с. Если круговая орбита спутника проходит на высоте  $h = 12,7 \cdot 10^3$  км, то период обращения спутника равен  $T_2 = 2,6 \cdot 10^4$  с. Определите ускорение свободного падения вблизи поверхности этой планеты.

**2.44.** Два одинаковых поезда массой 1000 т каждый движутся по экватору навстречу друг другу с одинаковыми по величине скоростями, равными 30 м/с. На какую величину отличаются силы, с которыми они давят на рельсы?

**2.45.** Считая форму Земли шарообразной, найдите полную силу взаимодействия тела массы  $m$  с поверхностью Земли на широте  $\varphi$ .

## ОТВЕТЫ

### КИНЕМАТИКА

*Координатное представление движения.  
Прямолинейное равнопеременное движение.*

1.3  $a = 0,17 \text{ м/с}^2$

1.4  $V_{\max} = 2VL / [2L - (t_1 + t_2)V] = 60 \text{ км/ч}$

1.5  $V_{\text{cp}} = 48 \text{ км/ч}$

1.6  $V_{\text{cp}} = 40 \text{ км/ч}$

1.7  $t_3 = t_2 + [t_2(t_2 - t_1)]^{1/2} = 15 \text{ МИН}$

1.8  $V \geq \sqrt{2aL}$

1.9  $t = 5 \text{ с;}$

1.10.  $V_0 = 1 \text{ м/с}$

1.11.  $t = 7,5 \text{ с}$

1.12.  $\tau_1 = 0,0023 \text{ с; } \tau_2 = 0,00071 \text{ с}$

1.13.  $H = 27,4 \text{ м}$

1.14.  $\tau = 1 \text{ с}$

1.15.  $V_0 = \frac{g}{2} \sqrt{\tau^2 + \frac{8h}{g}}; \quad t = \sqrt{\tau^2 + \frac{8h}{g}}$

1.16.  $S = 28,6 \text{ м}$

$$1.17. L_1 = \frac{V_o^2}{2g}; \quad t_1 = 2\frac{V_o}{g}; L_2 = \frac{(V_o^2 - U^2)_o}{2g}$$

$$1.18. t \approx 3,4 \text{ с}$$

$$1.19. t \approx 4 \text{ с}; \quad V = 50 \text{ м/с}$$

**Векторное представление движения.  
Сложение движений.**

$$1.20. t = \frac{2a}{3V}; \quad s = \frac{2a}{3}$$

$$1.21. d_{\min} = L \left| \frac{V_1 - V_2}{\sqrt{V_1^2 + V_2^2}} \right|; \quad s_1 = L \left| V_1 - V_2 \right| \frac{V_2}{V_1^2 + V_2^2}$$

$$1.22. \mathbf{V}^*_C = k \cdot \mathbf{R}_{BC}$$

$$1.23. V = U \operatorname{ctg} \alpha = U \sqrt{3}$$

$$1.24. L_1 = L \frac{V - U}{V + U}$$

$$1.25.* \quad V = c \frac{T_o - T}{T_o + T}$$

$$1.26. U = 5 \text{ км/ч}$$

$$1.27. U = 2 \text{ км/ч}$$

$$1.28. t = 2 \frac{t_1 t_2}{t_1 - t_2} = 24 \text{ дня}$$

$$1.29. t = 1,5 \text{ мин}$$

$$1.30. n_o = 2 \frac{n_1 n_2}{3n_1 - n_2} = 100$$



$$1.31. V = \frac{hU}{S \sin \alpha + h \cos \alpha}$$

$$1.32. \varphi = \arccos\left(\frac{V_T}{V}\right) \approx 53^\circ; \quad t = 10 \text{ мин}$$

$$1.33. V = U \frac{h}{\sqrt{h^2 + S^2}}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{h}$$

$$1.35. N = \frac{\sqrt{U^2 + V^2}}{U}$$

$$1.36. t = 2 \frac{\sqrt{U^2 + 2gH}}{g}$$

1.37.\* Область ограничена двумя лучами, исходящими из точки нахождения автобуса под углом  $\alpha$  к дороге, где  $\sin \alpha = U/V$ .

$$1.38.* V = \frac{cH}{\sqrt{H^2 - c^2 t^2}} \approx 584 \text{ м/с.}$$

$$1.39. U = V \frac{\cos(\pi - \alpha)}{\cos \beta} = V \sqrt{3} = 52 \text{ км/ч}$$

$$1.40. U = \frac{V}{\cos \alpha}$$

$$1.41. U = \frac{V}{\cos \alpha}$$

$$1.42. V = \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1V_2 \cos \alpha}}{\sin \alpha}; \quad \operatorname{tg}(V_1 \wedge V) = \frac{V_2 - V_1 \cos \alpha}{V_1 \sin \alpha}$$

$$1.43.* U = V = 20 \text{ км/ч}; \quad V_1 = U/2 = 10 \text{ км/ч}$$

$$1.44. U = V \sqrt{5} = 44 \text{ км/ч}$$

$$1.45. a \geq g \operatorname{ctg} \alpha$$

1.46.  $U = V(\sin\beta \cdot \text{ctg}\alpha - \cos\beta)$

1.47.  $U = V \text{ctg}\alpha = V\sqrt{3}$

1.48.  $V_B = 2V_A$

1.49.  $V_1 = 2V \pm V_2$

*Криволинейное движение в поле тяжести.*

1.50.  $H = 19,6 \text{ м.}$

1.51.  $V = 17 \text{ м/с}; L = 17 \text{ м}$

1.52.  $V_0 = 14 \text{ м/с}$

1.53.  $a_n = 8 \text{ м/с}^2; a_\tau = 5,5 \text{ м/с}^2.$

1.54.  $h = 34,4 \text{ м.}$

1.55.  $t = 0,2 \text{ с}$

1.56.  $V_0 = \frac{L}{\cos\alpha} \sqrt{\frac{2g}{h + 2L \text{tg}\alpha}} \approx 10 \text{ м/с.}$

1.57.  $X = \left| \frac{V_0^2}{g} - 2L \right| = 10 \text{ м.}$

1.58.  $\alpha = \text{arctg} \frac{H}{L}; V_0^2 > g \frac{H^2 + L^2}{2H}$

1.59.\*  $V_0 \geq \sqrt{g(H + \sqrt{H^2 + L^2})}; \text{tg}\alpha = \frac{H}{L} + \sqrt{1 + \frac{H^2}{L^2}}$

$$1.60.* \operatorname{tg} \alpha = \frac{V}{\sqrt{V^2 + 2gH}} \approx 0,577, \alpha = 30^\circ$$

$$1.61.* S = \frac{gt^2}{2} \operatorname{ctg} \alpha.$$

$$1.62. M = \frac{2\rho S V_o^2 \sin \alpha}{g} = 7 \text{ кг}$$

$$1.63. R = \frac{gT_1 T_2}{2\sqrt{2}}$$

*Движение материальной точки по окружности.  
Плоское движение твердого тела.*

$$1.66. V_C = 2V - V_1;$$

$$V_B = V_D = [V^2 + (V - V_1)^2]^{1/2};$$

$$a = \frac{1}{R} (V - V_1)^2; \quad \omega = \frac{1}{R} (V - V_1).$$

$$1.67. OX = R \frac{V_o}{V_o \pm V_1}$$

$$1.68. x = V/\omega.$$

$$1.69. x \approx 6,3 \text{ см}$$

$$1.71. N = \left[ \frac{\omega^2 R}{2\pi a} \right] - \text{целая часть}$$

$$1.72.* a_1 = \sqrt{4a^2 + \frac{V^2}{R}}$$

$$1.73. V_x^B = 1,6 \text{ м/с}; \quad V_x^H = -0,4 \text{ м/с}.$$

$$1.74. \mathbf{V} = \frac{1}{2} (\mathbf{V}_1 + \mathbf{V}_2); \quad \omega = \frac{1}{2R} |\mathbf{V}_1 - \mathbf{V}_2|$$

$$1.75. V = \frac{1}{2} (V_1 + V_2); \quad \omega = \frac{1}{2R} |V_1 - V_2|$$

$$1.76. \frac{\omega}{\Omega} = 2 \frac{R+r}{r} = 6.$$

$$1.77. AC = L \frac{tg\alpha}{tg\alpha + tg\beta}; \quad V_C = V \cos\alpha.$$

$$1.78. S = \frac{1}{4} \pi L$$

$$1.79. V_C^2 = (1 - \frac{x}{L})^2 \cdot V_B^2 + (\frac{x}{L})^2 V_A^2;$$

$$\text{При } x = \frac{L}{2} \quad V_C = \frac{1}{2} \sqrt{V_A^2 + V_B^2}$$

$$1.80. V_A = V_B \sqrt{1 + \sin^2 2\alpha}$$

$$1.81. V_C^2 = \frac{1}{2} [V_1^2 + V_2^2 + (V_1^2 - V_2^2) \cos\alpha]$$

## ДИНАМИКА

### *Движение тел со связями.*

$$2.1. a = \frac{F}{m} (\cos\alpha + \mu \sin\alpha) - \mu g \quad \text{при } F \geq \mu \frac{mg}{\cos\alpha + \mu \sin\alpha}$$

$$a = 0 \quad \text{при } F < \mu \frac{mg}{\cos\alpha + \mu \sin\alpha}$$

$$2.2. \text{ а) } N \approx 23 \text{ кН; б) } N \approx 33 \text{ кН}$$

$$2.3. t = \sqrt{\frac{2m(g-a)}{ka}}$$

$$2.4. \text{ а) } F_1 = 38,4 \text{ Н; } F_2 = 64 \text{ Н; . б) Ответ не изменится.}$$

$$2.5. T(x) = F \frac{L-x}{L}$$

$$2.6. T(x) = \frac{M\omega^2}{4L} (L^2 - x^2)$$

$$2.7. a = \frac{mg}{2M+m}; \quad T = \frac{2M(M+m)g}{2M+m}; \quad N = \frac{2mMg}{2M+m}$$

$$2.8. A = \frac{m_1g - m_2(g-a)}{m_1+m_2}; \quad F = \frac{m_1m_2(2g-a)}{m_1+m_2}$$

$$2.9. A = \frac{m(a_0+g) - Mg}{M+m}; \quad a_0 \geq \left(\frac{M}{m} - 1\right)g.$$

$$2.10. a_2 = \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} g; \quad T = 3 \frac{m_1m_2}{4m_1 + m_2} g$$

$$2.11. T = 2m_1m_2 \frac{(g+b)}{(m_1+m_2)}; \quad a_0 = (m_1 - m_2) \frac{(g+b)}{(m_1+m_2)}$$

$$2.12. T = Mm \frac{(a+g)}{(M+m)}$$

$$2.13. \operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{g}$$

$$2.14. a = \left(1 + \frac{M}{m}\right)g \sin\alpha.$$

$$2.15. a_0 = \sin\alpha \sqrt{a^2 + g^2}; \quad N = m(g \cos\alpha + a \sin\alpha); \quad a = g \operatorname{tg}\alpha$$

$$2.16. A = \frac{M}{M + 2mtg^2\alpha} g.$$

$$2.17. A = \frac{m}{M + m \sin^2\alpha} g \sin\alpha \cdot \cos\alpha$$

$$2.18. \mu = \frac{F_2 - F_1}{F_2 + F_1} \operatorname{tg}\alpha$$

$$2.20. \quad t = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2h}{g(1 - ctg\alpha \cdot tg\beta)}}$$

$$2.21. \quad mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) \leq F \leq mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

$$2.22. \quad V = \left[ \frac{2\mu g R \alpha}{\sqrt{1 + 4\alpha^2}} \right]^{1/2} = 14,5 \text{ м/с.}$$

$$2.23. \quad A \geq \mu g = 1 \text{ м/с}^2$$

$$2.25. \quad \mu \leq \frac{M}{2M + m}$$

$$2.26. \quad F = mg\sin\alpha \cdot \cos\alpha; \quad \mu \geq tg\alpha$$

$$2.27. \quad F = mg \cos\alpha (\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

$$2.28. \quad \mu = \frac{m \cos\alpha \cdot \sin\alpha}{M + m \cos^2\alpha}$$

$$2.29. \quad T = mgsin\alpha + ma(1 - \cos\alpha)$$

$$2.30. \quad \text{а) } a_{\min} = g \frac{\mu - tg\alpha}{1 + \mu \cdot tg\alpha} \quad \text{б) } a_{\min} = g \frac{\mu + tg\alpha}{1 - \mu \cdot tg\alpha}$$

$$2.31. \quad V = \sqrt{gL \sin\alpha \cdot tg\alpha}; \quad T = \frac{mg}{\cos\alpha}; \quad \omega_{\min} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$2.32. \quad \mu \geq \frac{g - \omega^2 R \cos\alpha}{g \cos\alpha + \omega^2 R \sin^2\alpha} \sin\alpha$$

$$2.33. \quad F = m \sqrt{g^2 + \omega^4 L^2 \sin^2\alpha}$$

$$2.34.* \quad F = m \frac{V^2 \sin^2\alpha}{L \cos^4\alpha}$$

$$2.35.* \quad T = \frac{4mV^2}{3L}$$

$$2.36. \quad T = mLn^2 = 46 \text{ Н}$$

$$2.37. \quad T = \frac{1}{4} \rho V^2 \pi d^2.$$

***Закон всемирного тяготения.***

$$2.41. \quad L = 2 \text{ а.е.} = 3 \cdot 10^8 \text{ км.}$$

$$2.42. \quad V_3 = 7,9 \text{ км/с}, V_{\text{Л}} = 1,7 \text{ км/с}; T_3 = 84 \text{ мин}, T_{\text{Л}} = 105 \text{ мин.}$$

$$2.43. \quad g = \frac{4\pi^2}{T_1^2} \cdot \frac{h}{(T_2/T_1)^{2/3} - 1} \approx 10 \text{ м/с}^2$$

$$2.44. \quad \Delta N \approx 9 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

$$2.45. \quad F_n = m(g_{\text{гр}} - \omega^2 R \cos^2 \varphi), \text{ где } g_{\text{гр}} = \gamma \frac{M_3}{R_3^2}$$

$$F_{\tau} = m\omega^2 R \cos \varphi \sin \varphi$$

## *Содержание*

### **КИНЕМАТИКА**

1. *Координатное представление движения.  
Прямолинейное равнопеременное движение.* 3
2. *Векторное представление движения.  
Сложение движений.* 6
3. *Криволинейное движение в поле тяжести.* 12
4. *Движение материальной точки по окружности.  
Плоское движение твердого тела.* 14

### **ДИНАМИКА**

5. *Движение тел со связями.* 19
6. *Закон всемирного тяготения.* 27

### **ОТВЕТЫ**

29



# Сборник задач по физике

Часть I. Механика (1).  
Кинематика. Динамика.

Корнеева Татьяна Петровна

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

2011 г.

