

## Задачи для самостоятельного решения

1. Студент проехал половину пути на велосипеде со скоростью  $v_1 = 16$  км/ч. Далее в течение половины оставшегося времени он ехал со скоростью  $v_2 = 12$  км/ч, а затем до конца пути шел пешком со скоростью  $v_3 = 5$  км/ч. Определить среднюю скорость движения студента на всем пути.

2. В течение времени  $\tau$  скорость тела задается уравнением вида  $v = A + Bt + Ct^2$  ( $0 \leq t \leq \tau$ ). Определить среднюю скорость за промежуток времени  $\tau$ .

3. Материальная точка движется вдоль прямой так, что ее ускорение линейно растет и за первые 10 с достигает значения  $5 \text{ м/с}^2$ . Определить в конце десятой секунды: 1) скорость точки; 2) путь, пройденный точкой.

4. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью  $20 \text{ м/с}$ . По истечении какого времени камень будет находиться на высоте  $15 \text{ м}$ ? Найти скорость камня на этой высоте. Сопротивлением воздуха пренебречь. Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

5. Тело, брошенное вертикально вверх, находилось на одной и той же высоте  $h = 8,6 \text{ м}$  два раза с интервалом  $\Delta t = 3 \text{ с}$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха, вычислить начальную скорость брошенного тела.

6. При падении камня в колодец его удар о поверхность воды доносится через  $t = 5 \text{ с}$ . Принимая скорость звука  $v = 330 \text{ м/с}$ , определить расстояние до дна колодца.

7. Тело падает с высоты  $h = 1 \text{ км}$  с нулевой начальной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, какой путь пройдет тело: 1) за первую секунду своего падения; 2) за последнюю секунду своего падения.

8. Первое тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0 = 5 \text{ м/с}$ . В тот же момент времени вертикально вниз с той же начальной скоростью из точки, соответствующей максимальной верхней точке полета  $h_{\max}$  первого тела, брошено второе тело. Определить: 1) в какой момент времени  $t$  тела встретятся; 2) на какой высоте  $h$  от поверхности земли произойдет эта встреча; 3) скорость  $v_1$  первого тела в момент встречи; 4) скорость  $v_2$  второго тела в момент встречи.

9. Из одного и того же места начали равноускоренно двигаться в одном направлении две точки, причем вторая начала свое движение через  $2 \text{ с}$  после первой. Первая точка двигалась с начальной скоростью  $1 \text{ м/с}$  и ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , вторая – с начальной скоростью  $10 \text{ м/с}$  и ускорением

1 м/с<sup>2</sup>. Через какое время и на каком расстоянии от исходного положения вторая точка догонит первую?

**10.** Две материальные точки движутся согласно уравнениям  $x_1 = A_1t + B_1t^2 + C_1t^3$ ,  $x_2 = A_2t + B_2t^2 + C_2t^3$ , где  $A_1 = 4$  м/с,  $A_2 = 2$  м/с,  $B_1 = 8$  м/с<sup>2</sup>,  $B_2 = -4$  м/с<sup>2</sup>,  $C_1 = -16$  м/с<sup>3</sup>,  $C_2 = 1$  м/с<sup>3</sup>. В какой момент времени ускорения этих точек будут одинаковы? Найти скорости  $v_1$  и  $v_2$  точек в этот момент.

**11.** Движение материальной точки в плоскости  $xOy$  описывается законом  $x = At$ ,  $y = At(1 + Bt)$ , где  $A$  и  $B$  – положительные постоянные. Определить: 1) уравнение траектории материальной точки  $y(x)$ ; 2) радиус-вектор  $\vec{r}$  точки в зависимости от времени; 3) скорость  $v$  точки в зависимости от времени; 4) ускорение  $a$  точки в зависимости от времени.

**12.** Зависимость пройденного телом пути от времени задается уравнением  $s = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$  ( $C = 0,1$  м/с<sup>2</sup>,  $D = 0,03$  м/с<sup>3</sup>). Определить: 1) через какой промежуток времени после начала движения ускорение  $a$  тела будет равно 2 м/с<sup>2</sup>; 2) среднее ускорение  $\langle a \rangle$  тела за этот промежуток времени.

**13.** Зависимость пройденного телом пути  $s$  от времени  $t$  определяется уравнением  $s = At - Bt^2 + Ct^3$  ( $A = 2$  м/с,  $B = 3$  м/с<sup>2</sup>,  $C = 4$  м/с<sup>3</sup>). Записать выражения для скорости и ускорения. Определить для момента времени  $t = 2$  с после начала движения: 1) пройденный путь; 2) скорость; 3) ускорение.

**14.** Зависимость пройденного телом пути от времени задается уравнением  $s = A - Bt + Ct^2 + Dt^3$  ( $A = 6$  м;  $B = 3$  м/с,  $C = 2$  м/с<sup>2</sup>,  $D = 1$  м/с<sup>3</sup>). Определить для тела в интервале времени от  $t_1 = 1$  с до  $t_2 = 4$  с: 1) среднюю скорость; 2) среднее ускорение.

**15.** Кинематические уравнения движения двух материальных точек имеют вид  $x_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2$  и  $x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$ , где  $B_1 = B_2$ ,  $C_1 = -2$  м/с<sup>2</sup>,  $C_2 = 1$  м/с<sup>2</sup>. Определить: 1) момент времени, для которого скорости этих точек будут равны; 2) ускорения  $a_1$  и  $a_2$  для этого момента.

**16.** Материальная точка движется по плоскости согласно уравнению  $\vec{r}(t) = \vec{i}At^3 + \vec{j}Bt^2$ . Написать зависимости: 1)  $\vec{v}(t)$ ; 2)  $\vec{a}(t)$ .

**17.** Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону  $\vec{r} = t^3\vec{i} + 3t^2\vec{j}$ , где  $\vec{i}, \vec{j}$  – орты осей  $x$  и  $y$ . Определить для момента  $t = 1$  с: 1) модуль скорости; 2) модуль ускорения.

**18.** Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону  $\vec{r} = 4t^2\vec{i} + 3t\vec{j} + 2\vec{k}$ . Определить: 1) скорость  $\vec{v}$ ; 2) ускорение  $\vec{a}$ ; 3) модуль скорости в момент времени  $t = 2$  с.

**19.** Движение материальной точки записано уравнением  $\vec{r}(t) = \vec{i}(A + Bt^2) + \vec{j}Ct$ , где  $A = 10$  м,  $B = -5$  м/с<sup>2</sup>,  $C = 10$  м/с. Начертить траекторию точки. Найти выражения  $\vec{v}(t)$  и  $\vec{a}(t)$ . Для момента времени  $t = 1$  с вычислить: 1) модуль вектора скорости; 2) модуль вектора ускорения; 3) модуль вектора тангенциального ускорения; 4) модуль вектора нормального ускорения.

**20.** Точка движется по кривой с постоянным тангенциальным ускорением  $0,5$  м/с<sup>2</sup>. Определить полное ускорение точки на участке кривой с радиусом кривизны  $R = 3$  м, если точка движется на этом участке со скоростью  $2$  м/с.

**21.** Точка движется по окружности радиусом  $R = 4$  м. Начальная скорость точки равна  $3$  м/с, тангенциальное ускорение  $1$  м/с<sup>2</sup>. Для момента времени  $t = 2$  с определить: 1) длину пути  $s$ , пройденного точкой; 2) модуль вектора перемещения; 3) среднюю путевую скорость; 4) модуль вектора средней скорости.

**22.** Движение точки по кривой задано уравнениями  $x = A_1t^3$  и  $y = A_2t$ , где  $A_1 = 1$  м/с<sup>3</sup>;  $A_2 = 2$  м/с. Найти уравнение траектории точки, ее скорость и полное ускорение в момент времени  $t = 0,8$  с.

**23.** Нормальное ускорение точки, движущейся по окружности радиусом  $r = 4$  м, задается уравнением  $a_n = A + Bt + Ct^2$  ( $A = 1$  м/с<sup>2</sup>,  $B = 6$  м/с<sup>3</sup>,  $C = 9$  м/с<sup>4</sup>). Определить: 1) тангенциальное ускорение точки; 2) путь, пройденный точкой за время  $t_1 = 5$  с после начала движения; 3) полное ускорение для момента времени  $t_2 = 1$  с.

**24.** Зависимость пройденного телом пути по окружности радиусом  $r = 3$  м задается уравнением  $s = At^2 + Bt$  ( $A = 0,4$  м/с<sup>2</sup>,  $B = 0,1$  м/с). Для момента времени  $t = 1$  с после начала движения определить ускорения: 1) нормальное; 2) тангенциальное; 3) полное.

**25.** Материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом  $r = 12,5$  см с постоянным тангенциальным ускорением  $a_\tau = 0,5$  см/с<sup>2</sup>. Определить: 1) момент времени, при котором вектор ускорения  $\vec{a}$  образует с вектором скорости  $\vec{v}$  угол  $\alpha = 45^\circ$ ; 2) путь, пройденный за это время движущейся точкой.

**26.** Пистолетная пуля пробивает два вертикально закрепленных листа бумаги, расстояние между которыми равно  $30$  м. Пробойна во втором лис-

те оказалась на 10 см ниже, чем в первом. Определить скорость пули, если к первому листу она подлетела, двигаясь горизонтально. Сопротивлением воздуха пренебречь.

**27.** Тело брошено под некоторым углом к горизонту. Оказалось, что максимальная высота подъема  $h = s/4$  ( $s$  – дальность полета). Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить угол, под которым тело брошено к горизонту.

**28.** Пуля пущена с начальной скоростью 200 м/с под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Определить максимальную высоту подъема, дальность полета и радиус кривизны траектории пули в ее наивысшей точке. Сопротивлением воздуха пренебречь.

**29.** Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении с начальной скоростью 30 м/с. Определить скорость, тангенциальное и нормальное ускорения камня в конце второй секунды после начала движения.

**30.** Тело брошено со скоростью  $v_0 = 20$  м/с под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (рис. 11). Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить для момента времени  $t = 1,5$  с после начала движения: 1) нормальное ускорение; 2) тангенциальное ускорение.

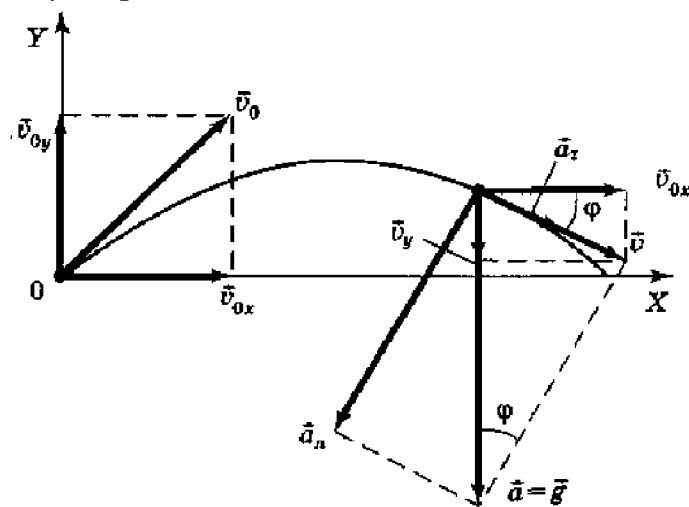


Рис. 11

**31.** С башни высотой  $H = 40$  м брошено тело со скоростью  $v_0 = 20$  м/с под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить: 1) время  $t$  движения тела; 2) на каком расстоянии  $s$  от основания башни тело упадет на землю; 3) скорость  $v$  падения тела на землю; 4) угол  $\varphi$ , который составит траектория тела с горизонтом в точке его падения.

**32.** Тело брошено со скоростью  $v_0 = 15$  м/с под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить: 1) высоту  $h$  подъема тела; 2) дальность полета (по горизонтали)  $s$  тела; 3) время  $t$  его движения.

**33.** Тело брошено со скоростью  $v_0 = 20$  м/с под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить для момента времени  $t = 1,5$  с после начала движения: 1) нормальное ускорение; 2) тангенциальное ускорение.

**34.** Тело брошено горизонтально со скоростью  $v_0 = 5$  м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить радиус кривизны траектории тела через  $t = 2$  с после начала движения.

**35.** С башни высотой  $h = 30$  м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью  $v_0 = 10$  м/с. Определить: 1) уравнение траектории тела  $y(x)$ , 2) скорость  $v$  тела в момент падения на землю; 3) угол  $\varphi$ , который образует вектор скорости с горизонтом в точке его падения.

**36.** Линейная скорость  $v_1$  точек на окружности вращающегося диска равна 3 м/с. Точки, расположенные на  $\Delta R = 10$  см, ближе к оси имеют линейную скорость  $v_2 = 2$  м/с. Определить частоту вращения  $n$  диска.

**37.** Диск радиусом 20 см вращается согласно уравнению  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $A = 3$  рад;  $B = -1$  рад/с;  $C = 0,1$  рад/с<sup>3</sup>. Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорения точек на окружности диска для момента времени  $t = 10$  с.

**38.** Якорь электродвигателя, имеющий частоту вращения  $n = 50$  с<sup>-1</sup>, после выключения тока, сделав  $N = 500$  оборотов, остановился. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  якоря.

**39.** Колесо автомобиля вращается равнозамедленно. За время  $t = 2$  мин оно изменило частоту вращения от  $n_1 = 240$  мин<sup>-1</sup> до  $n_2 = 60$  мин<sup>-1</sup>. Определить: 1) угловое ускорение колеса; 2) число полных оборотов, сделанных колесом за это время.

**40.** Точка движется по окружности радиусом  $R = 15$  см с постоянным тангенциальным ускорением  $a_\tau$ . К концу четвертого оборота после начала движения линейная скорость точки  $v_1 = 15$  см/с. Определить нормальное ускорение  $a_n$  точки через  $t_2 = 16$  с после начала движения.

**41.** Ракета поднимается с нулевой начальной скоростью вертикально вверх. Начальная масса ракеты  $m_0$ , скорость истечения газа относительно ракеты постоянна и равна  $u$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха, выразить скорость ракеты  $v$  в зависимости от  $m$  и  $t$  ( $m$  – масса ракеты;  $t$  – время ее подъема). Поле силы тяжести считать однородным.

**42.** Ракета с начальной массой  $m_0$ , начиная движение из состояния покоя, к некоторому моменту времени  $t$ , израсходовав топливо массой  $m$ ,

развивает скорость  $v$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха и внешним силовым полем, определить зависимость  $v$  от  $m$ , если скорость истечения топлива относительно ракеты равна  $u$ .

**43.** Ракета, масса которой в начальный момент  $M = 300$  г, начинает выбрасывать продукты сгорания с относительной скоростью  $u = 200$  м/с. Расход горючего  $\mu = 100$  г/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха и внешним силовым полем, определить: 1) промежуток времени, за который скорость ракеты станет равной  $v_1 = 50$  м/с; 2) скорость  $v_2$ , которой достигнет ракета, если масса «заряда»  $m_0 = 0,2$  кг.

**44.** Ракета, масса которой в начальный момент времени  $M = 2$  кг, запущена вертикально вверх. Относительная скорость выхода продуктов сгорания  $u = 150$  м/с, расход горючего  $\mu = 0,2$  кг/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить ускорение  $a$  ракеты через  $t = 3$  с после начала ее движения. Поле силы тяжести считать однородным.

**45.** На катере массой  $m = 4,5$  т находится водомет, выбрасывающий со скоростью  $u = 6$  м/с относительно катера назад  $V = 25$  кг/с воды. Пренебрегая сопротивлением движению катера, определить: 1) скорость катера через  $t = 3$  мин после начала движения; 2) предельно возможную скорость катера.

**46.** Нагруженная песком железнодорожная платформа с начальной массой  $m_0$  начинает движение из состояния покоя под действием постоянной силы тяги  $\vec{F}$ . Через отверстие в дне платформы высыпается песок с постоянной скоростью  $\mu$  (кг/с). Определите  $\vec{v}(t)$ , т.е. зависимость скорости платформы от времени.

**47.** Две одинаковые тележки массой  $M$  каждая движутся по инерции (без трения) друг за другом с одинаковой скоростью  $v_0$ . В какой-то момент времени человек массой  $m$ , находящийся на задней тележке, прыгнул в переднюю со скоростью  $\vec{u}$  относительно своей тележки. Определить скорость  $\vec{v}_1$  передней тележки.

**48.** Две легкие тележки (массы соответственно  $m_1$  и  $m_2 = 2m_1$ ) соединены между собой сжатой, связанной нитью пружиной. Если пережечь нить, пружина распрямится, и тележки разъедутся в разные стороны. Считая коэффициент трения для обеих тележек одинаковым, определить: 1)  $v_1/v_2$  – отношение скоростей движения тележек; 2)  $t_1/t_2$  – отношение времен, в течение которых тележки движутся; 3)  $s_1/s_2$  – отношение путей, пройденных тележками.

**49.** На железнодорожной платформе, движущейся по инерции со скоростью  $v_0 = 3$  км/ч, укреплено орудие. Масса платформы с орудием

$M = 10$  т. Ствол орудия направлен в сторону движения платформы. Снаряд массой  $m = 10$  кг вылетает из ствола под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Определить скорость снаряда (относительно Земли), если после выстрела скорость платформы уменьшилась в  $n = 2$  раза.

**50.** Снаряд, вылетевший из орудия со скоростью  $v_0$ , разрывается на два одинаковых осколка в верхней точке траектории на расстоянии  $l$  (по горизонтали). Один из осколков полетел в обратном направлении со скоростью движения снаряда до разрыва. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, на каком расстоянии  $s$  (по горизонтали) от орудия упадет второй осколок.

**51.** Лодка массой  $M = 150$  кг и длиной  $l = 2,8$  м неподвижна в стоячей воде. Рыбак массой  $m = 90$  кг в лодке переходит с носа на корму. Пренебрегая сопротивлением воды, определить, на какое расстояние  $s$  при этом сдвинется лодка.

**52.** Снаряд массой  $m = 5$  кг, вылетевший из орудия, в верхней точке траектории имеет скорость  $v = 300$  м/с. В этой точке он разорвался на два осколка, причем больший осколок массой  $m_1 = 3$  кг полетел в обратном направлении со скоростью  $v_1 = 100$  м/с. Определить скорость  $v_2$  второго, меньшего осколка.

**53.** Платформа, нагруженная песком ( $M = 2$  т), стоит на рельсах на горизонтальном участке пути. В песок попадает снаряд массой  $m = 8$  кг и застревает в нем. Пренебрегая трением, определить, с какой скоростью будет двигаться платформа, если в момент попадания скорость снаряда  $v = 450$  м/с, а его направление – сверху вниз под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту.

**54.** С железнодорожной платформы, движущейся со скоростью  $v_0 = 18$  км/ч, выстрелили из пушки в горизонтальном направлении (рис. 12). Масса платформы с пушкой  $M = 15$  т, масса снаряда  $m = 20$  кг, а начальная скорость снаряда  $v_2 = 500$  м/с. Определить скорость  $v_1$  платформы после выстрела, если выстрел произведен в направлении движения платформы.

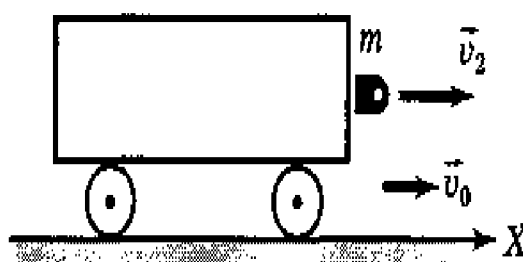


Рис. 12

**55.** Два конькобежца массами 80 кг и 50 кг, держась за концы длинного натянутого шнура, неподвижно стоят на льду один против другого. Один из них начинает укорачивать шнур, выбирая его со скоростью 1 м/с. С какими скоростями будут двигаться по льду конькобежцы? Трением пренебречь.

**56.** Снаряд массой 10 кг обладал скоростью 200 м/с в верхней точке траектории. В этой точке снаряд разорвался на две части. Меньшая массой 3 кг получила скорость 400 м/с в прежнем направлении. Найти скорость второй, большей части после разрыва.

**57.** На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием 15 т. Орудие стреляет вверх под углом  $\varphi = 60^\circ$  к горизонту в направлении пути. С какой скоростью покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда 20 кг и он вылетает со скоростью 600 м/с?

**58.** На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабженной легкими колесами. На одном конце доски стоит человек. Масса человека 60 кг, масса доски 20 кг. С какой скоростью (относительно пола) будет двигаться тележка, если человек пойдет вдоль доски со скоростью (относительно доски) 1 м/с? Массой колес пренебречь. Трение во втулках не учитывать.

**59.** В лодке массой 240 кг стоит человек массой 60 кг. Лодка плывет со скоростью 2 м/с. Человек прыгает с лодки в горизонтальном направлении со скоростью 4 м/с (относительно лодки). Найти скорость движения лодки после прыжка человека в двух случаях: 1) человек прыгает вперед по движению лодки; 2) в сторону, противоположную движению лодки.

**60.** Какую наибольшую скорость  $v_{max}$  может развить велосипедист, проезжая закругление радиусом  $R = 50$  м, если коэффициент трения скольжения  $\mu$  между шинами и асфальтом равен 0,3? Каков угол  $\varphi$  отклонения велосипеда от вертикали, когда велосипедист движется по закруглению?

**61.** Автомобиль идет по закруглению шоссе, радиус кривизны  $R$  которого равен 200 м. Коэффициент трения  $\mu$  колес о покрытие дороги равен 0,1 (гололед). При какой скорости  $v$  автомобиля начнется его занос?

**62.** Самолет описывает петлю Нестерова радиусом 200 м. Во сколько раз сила  $F$ , с которой летчик давит на сиденье в нижней точке, больше силы тяжести  $P$  летчика, если скорость самолета 100 м/с?

**63.** Акробат на мотоцикле описывает «мертвую петлю» радиусом 4 м. С какой наименьшей скоростью  $v_{min}$  должен проезжать акробат верхнюю точку петли, чтобы не сорваться?

**64.** Диск радиусом 40 см вращается вокруг вертикальной оси. На краю диска лежит кубик. Принимая коэффициент трения равным 0,4, найти частоту вращения  $n$ , при которой кубик соскользнет с диска.



65. На наклонную плоскость с углом наклона к горизонту  $\alpha = 35^\circ$  положена доска массой  $m_2 = 2$  кг, а на доску – брусок массой  $m_1 = 1$  кг. Коэффициент трения между бруском и доской  $\mu_1 = 0,1$ , а между доской и плоскостью  $\mu_2 = 0,2$ . Определить: 1) ускорение  $a_1$  бруска; 2) ускорение  $a_2$  доски; 3) коэффициент трения  $\mu_2$ , при котором доска не будет двигаться.

66. В установке (рис. 13) угол  $\alpha$  наклона плоскости к горизонту равен  $30^\circ$ , массы тел одинаковы ( $m = 1$  кг). Считая нить и блок невесомыми и пренебрегая трением в оси блока, определить силу давления  $F$  на ось, если коэффициент трения между наклонной плоскостью и лежащим на ней телом  $\mu = 0,1$ .

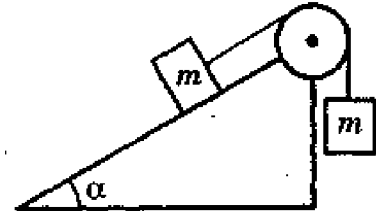


Рис. 13

67. На горизонтальной поверхности находится доска массой  $m_2$ , на которой лежит брусок массой  $m_1$ . Коэффициент трения бруска о поверхность доски равен  $\mu$ . К доске приложена горизонтальная сила  $F$ , зависящая от времени по закону  $F = At$ , где  $A$  – некоторая постоянная. Определить: 1) момент времени  $t_0$ , когда доска начнет выскальзывать из-под бруска; 2) ускорения бруска  $a_1$  и доски  $a_2$ .

68. Система грузов (рис. 14) массами  $m_1 = 0,5$  кг и  $m_2 = 0,6$  кг находится в лифте, движущемся вверх с ускорением  $a = 4,9$  м/с<sup>2</sup>. Определить силу натяжения нити  $T$ , если коэффициент трения между грузом массы  $m_1$  и опорой  $\mu = 0,1$ .

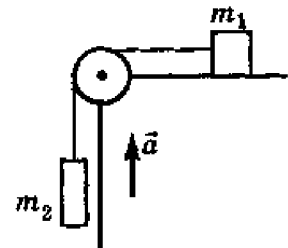


Рис. 14

69. Автоцистерна с керосином движется с ускорением  $0,7$  м/с<sup>2</sup>. Под каким углом к плоскости горизонта расположен уровень керосина в цистерне?

70. Грузы с одинаковой массой ( $m_1 = m_2 = 0,5$  кг) соединены нитью и перекинута через невесомый блок, укрепленный на конце стола (рис. 15). Коэффициент трения груза  $m_2$  о стол  $\mu = 0,15$ . Пренебрегая трением в блоке, определить: 1) ускорение, с которым движутся грузы; 2) силу натяжения нити.

71. Вагон массой  $m = 1$  т спускается по канатной железной дороге с уклоном  $\alpha = 15^\circ$  к горизонту (рис. 16). Принимая коэффициент трения  $\mu = 0,05$ , определить силу натяжения каната при торможении вагона в конце спуска, если скорость вагона перед торможением  $v_0 = 2,5$  м/с, а время торможения  $t = 6$  с.

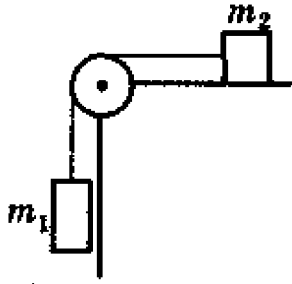


Рис. 15

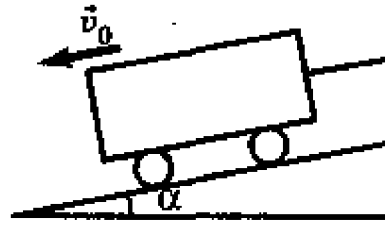


Рис. 16

72. По наклонной плоскости с углом  $\alpha$  наклона к горизонту, равным  $30^\circ$ , скользит тело. Определить скорость тела в конце второй секунды от начала скольжения, если коэффициент трения  $\mu = 0,15$ .

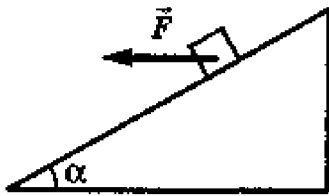


Рис. 17

73. На тело (рис. 17) массой  $m = 10$  кг, лежащее на наклонной плоскости (угол  $\alpha = 20^\circ$ ), действует горизонтально направленная сила  $F = 8$  Н. Пренебрегая трением, определить: 1) ускорение тела; 2) силу, с которой тело давит на плоскость.

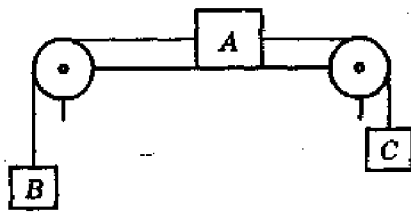


Рис. 18

74. Тело  $A$  массой  $M = 2$  кг (рис. 18) находится на горизонтальном столе и соединено нитями посредством блоков с телами  $B$  ( $m_1 = 0,5$  кг) и  $C$  ( $m_2 = 0,3$  кг). Считая нити и блоки невесомыми и пренебрегая силами трения, определить: 1) ускорение, с которым будут двигаться эти тела; 2) разность сил натяжения нитей.

75. С вершины клина, длина которого  $l = 2$  м и высота  $h = 1$  м, начинает скользить небольшое тело. Коэффициент трения между телом и клином  $\mu = 0,15$ . Определить: 1) ускорение, с которым движется тело; 2) время прохождения тела вдоль клина; 3) скорость тела у основания клина.

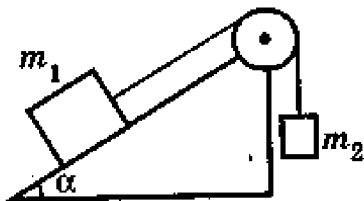


Рис. 19

76. В установке на рис. 19 угол  $\alpha$  наклонной плоскости с горизонтом равен  $20^\circ$ , массы тел  $m_1 = 200$  г и  $m_2 = 150$  г. Считая нить и блок невесомыми и пренебрегая силами трения, определить ускорение, с которым будут двигаться эти тела, если тело  $m_2$  опускается.

77. В установке углы  $\alpha$  и  $\beta$  с горизонтом соответственно равны  $30^\circ$  и  $45^\circ$ , массы тел  $m_1 = 0,45$  кг и  $m_2 = 0,5$  кг (рис. 20). Считая нить и блок невесомыми и пренебрегая силами трения, определить: 1) ускорение, с которым движутся тела; 2) силу натяжения нити.

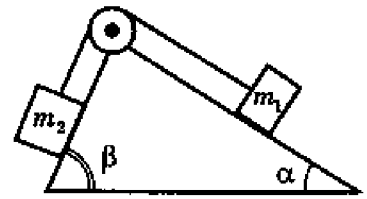


Рис. 20

78. Наклонная плоскость, образующая угол  $\alpha = 25^\circ$  с плоскостью горизонта, имеет длину 2 м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за 2 с. Определить коэффициент трения тела о плоскость.

79. На рис. 21 изображена система блоков, к которым подвешены грузы, масса которых  $m_1 = 200$  г и  $m_2 = 500$  г. Считая, что груз  $m_1$  поднимается, а подвижный блок с грузом  $m_2$  опускается, нить и блоки невесомы, силы трения отсутствуют, определить: 1) силу натяжения нити  $T$  (рис. 22); 2) ускорения, с которыми движутся грузы.

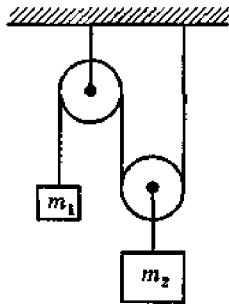


Рис. 21

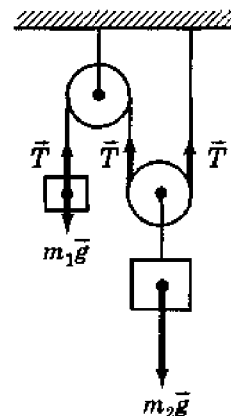


Рис. 22

80. На гладком столе лежит брусок массой 4 кг. К бруску привязаны два шнура, перекинутые через неподвижные блоки, прикрепленные к противоположным краям стола. К концам шнуров подвешены гири, массы которых 1 и 2 кг. Найти ускорение, с которым движется брусок, и силу натяжения каждого из шнуров. Массой блоков и трением пренебречь.

81. Под действием постоянной силы  $F$  вагонетка прошла путь, равный 5 м, и приобрела скорость 2 м/с. Определить работу  $A$  силы, если масса вагонетки равна 400 кг и коэффициент трения  $\mu = 0,01$ .

82. Вычислить работу  $A$ , совершаемую при равноускоренном подъеме груза массой 100 кг на высоту 4 м за 2 с.

83. Груз массой  $m = 80$  кг поднимают вдоль наклонной плоскости с ускорением  $a = 1$  м/с<sup>2</sup> (рис. 23). Длина наклонной плоскости  $l = 3$  м, угол  $\alpha$

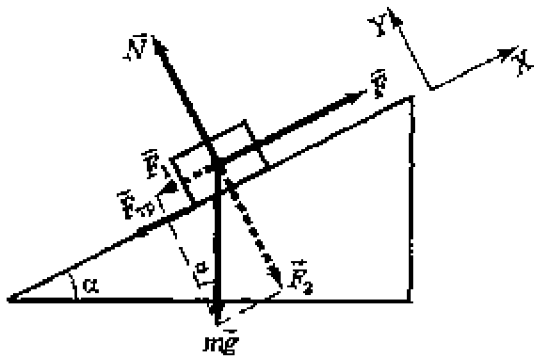


Рис. 23

ее наклона к горизонту равен  $30^\circ$ , а коэффициент трения  $\mu = 0,15$ . Определить: 1) работу, совершаемую подъемным устройством; 2) его среднюю мощность; 3) его максимальную мощность. Начальная скорость груза равна нулю.

**84.** Тело массой  $m = 5$  кг поднимают с ускорением  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>. Определить работу силы в течение первых пяти секунд.

**85.** Автомобиль массой  $m = 1,8$  т движется в гору, уклон которой составляет 3 м на каждые 100 м пути. Определить: 1) работу, совершаемую двигателем автомобиля на пути 5 км, если коэффициент трения равен 0,1; 2) развиваемую двигателем мощность, если известно, что этот путь был преодолен за 5 мин.

**86.** Поезд массой  $m = 600$  т движется под гору с уклоном  $\alpha = 0,3^\circ$  и за время  $t = 1$  мин развивает скорость  $v = 18$  км/ч. Коэффициент трения  $\mu = 0,01$ . Определить среднюю мощность  $\langle N \rangle$  локомотива.

**87.** Автомобиль массой  $m = 1,8$  т спускается при выключенном двигателе с постоянной скоростью  $v = 54$  км/ч по уклону дороги (угол к горизонту  $\alpha = 3^\circ$ ). Определить, какова должна быть мощность двигателя автомобиля, чтобы он смог подниматься на такой же подъем с той же скоростью.

**88.** Тело скользит с наклонной плоскости высотой  $h$  и углом наклона  $\alpha$  к горизонту и движется далее по горизонтальному участку. Принимая коэффициент трения на всем пути постоянным и равным  $\mu$ , определить расстояние  $s$ , пройденное телом на горизонтальном участке, до полной остановки.

**89.** Тело массой  $m$  начинает двигаться под действием силы  $\vec{F} = 2t\vec{i} + 3t^2\vec{j}$ , где  $\vec{i}$  и  $\vec{j}$  — соответственно единичные векторы координатных осей  $x$  и  $y$ . Определить мощность  $N(t)$ , развиваемую силой в момент времени  $t$ .

**90.** Материальная точка массой 2 кг двигалась под действием некоторой силы согласно уравнению  $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $A = 10$  м;  $B = -2$  м/с;  $C = 1$  м/с<sup>2</sup>;  $D = -0,2$  м/с<sup>3</sup>. Найти мощность  $N$ , затрачиваемую на движение точки, в моменты времени  $t_1 = 2$  с и  $t_2 = 5$  с.

**91.** Материальная точка массой  $m = 1$  кг двигалась под действием некоторой силы согласно уравнению  $s = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$  ( $B = 3$  м/с,  $C = 5$  м/с<sup>2</sup>,  $D = 1$  м/с<sup>3</sup>). Определить мощность  $N$ , затрачиваемую на движение точки в момент времени  $t = 1$  с.

**92.** Тело массой  $m$  поднимается без начальной скорости с поверхности земли под действием силы  $F$ , меняющейся с высотой подъема  $y$  по закону  $\vec{F} = -2m\vec{g}(1 - Ay)$ , где  $A$  – некоторая положительная постоянная, и силы тяжести  $m\vec{g}$ . Определить: 1) высоту подъема; 2) работу силы  $\vec{F}$  на первой трети пути. Поле силы тяжести считать однородным.

**93.** Зависимость потенциальной энергии  $W_n$  тела в центральном силовом поле от расстояния  $r$  до центра поля задается функцией  $W_n(r) = \frac{A}{r^2} - \frac{B}{r}$  ( $A = 6$  мкДж·м<sup>2</sup>,  $B = 0,3$  мДж·м). Определить, при каких значениях  $r$  максимальное значение принимают: 1) потенциальная энергия тела; 2) сила, действующая на тело.

**94.** Тело массой 1 кг, брошенное с вышки в горизонтальном направлении со скоростью  $v_0 = 20$  м/с, через 3 с упало на землю. Определить кинетическую энергию, которую имело тело в момент удара о землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

**95.** Материальная точка массой  $m = 20$  г движется по окружности радиусом  $R = 10$  см с постоянным тангенциальным ускорением. К концу пятого оборота после начала движения кинетическая энергия материальной точки оказалась равной 6,3 мДж. Определить тангенциальное ускорение.

**96.** Тело, падая с некоторой высоты, в момент соприкосновения с Землей обладает импульсом  $p = 100$  кг·м/с и кинетической энергией  $W_k = 500$  Дж. Определить: 1) с какой высоты тело падало; 2) массу тела.

**97.** С башни высотой  $H = 20$  м горизонтально со скоростью  $v_0 = 10$  м/с брошен камень массой  $m = 400$  г. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить для момента времени  $t = 1$  с после начала движения: 1) кинетическую энергию камня; 2) его потенциальную энергию.

**98.** К нижнему концу пружины жесткостью  $k_1$  присоединена другая пружина жесткостью  $k_2$ , к концу которой прикреплена гиря. Пренебрегая массой пружин, определить отношение их потенциальных энергий.

**99.** На рельсах стоит платформа, на которой в горизонтальном положении закреплено орудие без противооткатного устройства. Из орудия производят выстрел вдоль железнодорожного пути. Масса  $m_1$  снаряда равна 10 кг; его скорость  $v = 1$  км/с. Масса  $m_2$  платформы с орудием и прочим

грузом равна 20 т. На какое расстояние откатится платформа после выстрела, если коэффициент сопротивления  $\mu = 0,002$ ?

**100.** Определить, во сколько раз уменьшится скорость шара, движущегося со скоростью  $v_1$ , при его соударении с покоящимся шаром, масса  $m_2$  которого в  $n$  раз больше массы  $m_1$  налетающего шара (рис. 24). Удар считать центральным абсолютно упругим.

**101.** Пуля массой  $m = 15$  г, летящая горизонтально, попадает в баллистический маятник длиной  $l = 1$  м и массой  $M = 1,5$  кг и застревает в нем (рис. 25). Маятник в результате этого отклонился на угол  $\varphi = 30^\circ$ . Определить скорость пули.

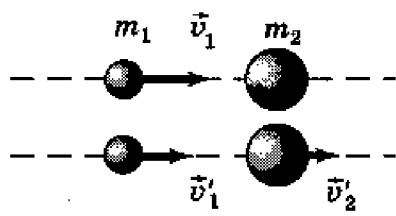


Рис. 24

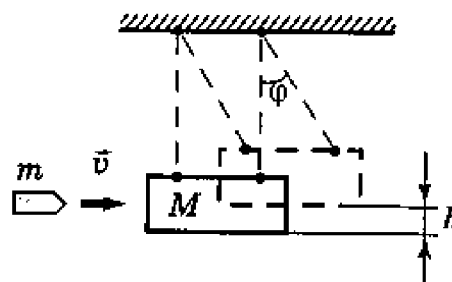


Рис. 25

**102.** Пуля массой  $m = 10$  г, летевшая со скоростью  $v = 600$  м/с, попала в баллистический маятник массой  $M = 5$  кг и застряла в нем (см. рис. 25). На какую высоту  $h$ , откатнувшись после удара, поднялся маятник?

**103.** Два груза массами 10 и 15 кг подвешены на нитях длиной 2 м так, что грузы соприкасаются между собой. Меньший груз был отклонен на угол  $\varphi = 60^\circ$  и выпущен. Определить высоту, на которую поднимутся оба груза после удара. Удар грузов считать неупругим.

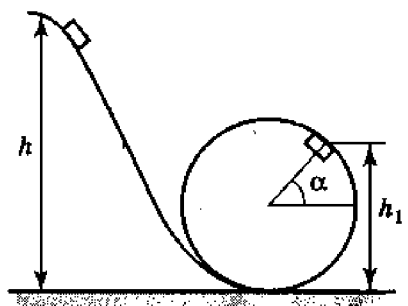


Рис. 26

**104.** Шайба массой  $m$  скользит без трения с высоты  $h$  по желобу, переходящему в петлю радиусом  $R$ . Определить: 1) силу давления  $F$  шайбы на опору в точке, определяемой углом  $\alpha$  (рис. 26); 2) угол  $\alpha$ .

**105.** Пуля массой  $m = 12$  г, летящая с горизонтальной скоростью  $v = 0,6$  км/с, попадает в мешок с песком массой  $M = 10$  кг, висящий на длинной нити, и застревает в нем. Определить: 1) высоту, на которую поднимется мешок, отклонившись после удара; 2) долю кинетической энергии, израсходованной на пробивание песка.

**106.** Два свинцовых шара массами  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 3$  кг подвешены на нитях длиной  $l = 70$  см. Первоначально шары соприкасаются между собой, затем меньший шар отклонили на угол  $\alpha = 60^\circ$  и отпустили (рис. 27). Считая удар центральным и неупругим, определить: 1) высоту  $h$ , на которую поднимаются шары после удара; 2) энергию  $\Delta T$ , израсходованную на деформацию шаров при ударе.

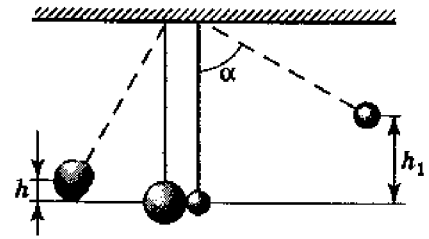


Рис. 27

**107.** Тело брошено под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту со скоростью  $v_0 = 15$  м/с. Используя закон сохранения энергии, определить скорость  $v$  тела в высшей точке его траектории.

**108.** Тело массой  $m = 0,5$  кг бросают со скоростью  $v_0 = 10$  м/с под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить кинетическую, потенциальную и полную энергии тела: 1) через  $t = 0,4$  с после начала движения; 2) в высшей точке траектории.

**109.** Тело массой  $m = 70$  кг движется под действием постоянной силы  $F = 63$  Н. Определить, на каком пути  $s$  скорость этого тела возрастет в  $n = 3$  раза по сравнению с моментом времени, когда скорость тела была равна  $v_0 = 1,5$  м/с.

**110.** Спортсмен с высоты  $h = 12$  м падает на упругую сетку. Пренебрегая массой сетки, определить, во сколько раз наибольшая сила давления спортсмена на сетку больше его силы тяжести, если прогиб сетки под действием силы тяжести спортсмена  $x_0 = 15$  см.

**111.** С вершины идеально гладкой сферы радиусом  $R = 1,2$  м соскальзывает небольшое тело. Определить высоту  $h$  (от вершины сферы), с которой тело со сферы сорвется.

**112.** Два цилиндра массами  $m_1 = 150$  г и  $m_2 = 300$  г, соединенные сжатой пружиной, разошлись при внезапном освобождении пружины в разные стороны (рис. 28). Пренебрегая силами сопротивления и учитывая, что потенциальная энергия упругой деформации пружины составляет 1,8 Дж, определить: 1) скорость  $v_1$  движения первого цилиндра; 2) скорость  $v_2$  движения второго цилиндра.

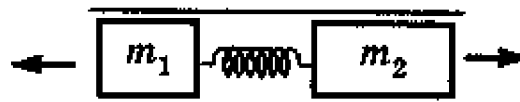


Рис. 28

**113.** Тело массой  $m_1 = 3$  кг движется со скоростью  $v_1 = 2$  м/с и ударяется о неподвижное тело такой же массы. Считая удар центральным и неупругим, определить количество теплоты, выделившееся при ударе.

**114.** Два шара массами  $m_1 = 3$  кг и  $m_2 = 2$  кг подвешены на нитях длиной  $l = 1$  м. Первоначально шары соприкасаются между собой, затем больший шар отклонили от положения равновесия на угол  $\alpha = 60^\circ$  и отпустили. Считая удар упругим, определить скорость  $v'_2$  второго шара после удара.

**115.** Шар массой  $m = 1,8$  кг сталкивается с покоящимся шаром большей массы  $M$ . В результате прямого упругого удара шар потерял  $\omega = 0,36$  своей кинетической энергии. Определить массу большего шара.

**116.** На покоящийся шар налетает со скоростью  $v_1 = 2$  м/с другой шар одинаковой с ним массы. В результате столкновения этот шар изменил направление движения на угол  $\varphi = 30^\circ$ . Определить: 1) скорости шаров после удара; 2) угол  $\beta$  между вектором скорости второго и первоначальным направлением движения первого шара. Удар считать упругим.

**117.** При центральном упругом ударе движущееся тело массой  $m_1$  ударяется в покоящееся тело массой  $m_2$ , в результате чего скорость первого тела уменьшается в 2 раза. Определить: 1) во сколько раз масса первого тела больше массы второго тела; 2) кинетическую энергию второго тела непосредственно после удара, если первоначальная кинетическая энергия первого тела равна 800 Дж.

**118.** Определить, во сколько раз уменьшится скорость шара, движущегося со скоростью  $v_1$ , при его соударении с покоящимся шаром, масса которого в  $n$  раз больше массы налетающего шара. Удар считать центральным абсолютно упругим.

**119.** Тело массой  $m_1 = 3$  кг движется со скоростью  $v_1 = 2$  м/с и ударяется о неподвижное тело такой же массы. Считая удар центральным и неупругим, определить количество теплоты, выделившееся при ударе.

**120.** Два шара массами  $m_1 = 9$  кг и  $m_2 = 12$  кг подвешены на нитях длиной  $l = 1,5$  м. Первоначально шары соприкасаются между собой, затем меньший шар отклонили на угол  $\alpha = 30^\circ$  и отпустили. Считая удар неупругим, определить высоту  $h$ , на которую поднимутся оба шара после удара.



**121.** Вычислить момент инерции проволочного прямоугольника со сторонами  $a = 12$  см и  $b = 16$  см относительно оси, лежащей в плоскости прямоугольника и проходящей через середины малых сторон. Масса равномерно распределена по длине проволоки с линейной плотностью  $\tau = 0,1$  кг/м.

**122.** Два однородных тонких стержня,  $AB = 40$  см и массой 900 г и  $CD = 40$  см и массой 400 г скреплены под прямым углом (рис. 29). Определить момент инерции системы стержней относительно оси  $OO'$ , проходящей через конец стержня  $AB$  параллельно стержню  $CD$ .

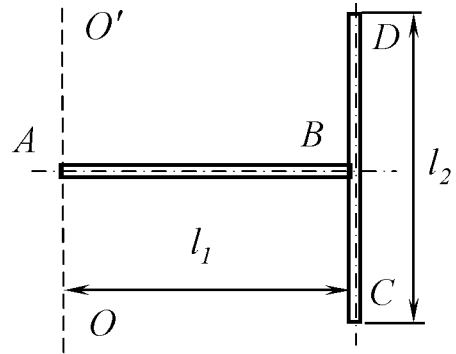


Рис. 29

**123.** Вывести формулу для момента инерции цилиндрической муфты относительно оси, совпадающей с ее осью симметрии (рис. 30). Масса муфты равна  $m$ , внутренний радиус  $r$ , внешний радиус  $R$ .

**124.** Найти момент инерции тонкого однородного кольца радиусом 20 см и массой 100 г относительно оси, лежащей в плоскости кольца и проходящей через его центр.

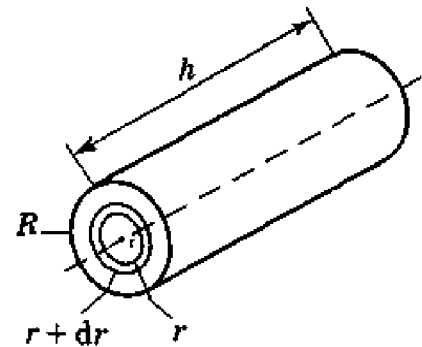


Рис. 30

**125.** Найти момент инерции плоской однородной прямоугольной пластины массой 800 г относительно оси, совпадающей с одной из ее сторон, если длина другой стороны равна 40 см.

**126.** Вывести формулу для момента инерции полого шара относительно оси, проходящей через его центр. Масса шара равна  $m$ , внутренний радиус  $r$ , внешний  $R$ .

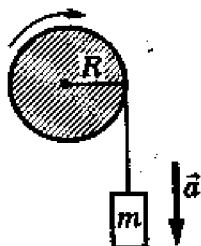
**127.** Вал массой 100 кг и радиусом 5 см вращался с частотой  $n = 8$  с<sup>-1</sup>. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой  $F = 40$  Н, под действием которой вал остановился через 10 с. Определить коэффициент трения  $\mu$ .

**128.** На цилиндр намотана тонкая гибкая нерастяжимая лента, массой которой по сравнению с массой цилиндра можно пренебречь. Свободный конец ленты прикрепили к кронштейну и предоставили цилиндру

возможность опускаться под действием силы тяжести. Определить линейное ускорение оси цилиндра, если цилиндр: 1) сплошной; 2) полый тонкостенный.

**129.** На однородный сплошной цилиндрический вал радиусом  $R = 5$  см и массой  $M = 10$  кг намотана легкая нить, к концу которой прикреплен груз массой  $m = 1$  кг. Определить: 1) зависимость  $s(t)$ , согласно которой движется груз; 2) силу натяжения нити  $T$ ; 3) зависимость  $\varphi(t)$ , согласно которой вращается вал; 4) угловую скорость  $\omega$  вала через  $t = 1$  с после начала движения; 5) тангенциальное  $a_t$  и нормальное  $a_n$  ускорения точек, находящихся на поверхности вала.

**130.** На однородный сплошной цилиндрический вал радиусом  $R = 20$  см, момент инерции которого  $J = 0,15$  кг·м<sup>2</sup>, намотана легкая нить, к концу которой прикреплен груз массой  $m = 0,5$  кг. До начала вращения барабана высота  $h$  груза над полом составляла 2,3 м. Определить: 1) время опускания груза до пола; 2) силу натяжения нити; 3) кинетическую энергию груза в момент удара о пол.



**131.** На однородный сплошной цилиндрический вал (рис. 31) радиусом  $R = 50$  см намотана легкая нить, к концу которой прикреплен груз массой  $m = 6,4$  кг. Груз, разматывая нить, опускается с ускорением  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>. Определить: 1) момент инерции  $J$  вала; 2) массу  $M$  вала.

Рис. 31

**132.** К ободу однородного сплошного диска радиусом  $R = 0,5$  м приложена постоянная касательная сила  $F = 100$  Н. При вращении диска на него действует момент сил трения  $M_{тр} = 2$  Н·м. Определить массу  $m$  диска, если известно, что его ускорение  $\varepsilon$  постоянно и равно 16 рад/с<sup>2</sup>.

**133.** Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязали грузики массой 100 и 110 г. С каким ускорением они будут двигаться, если масса блока равна 400 г? Трение при вращении блока ничтожно мало.

**134.** Два тела массами  $m_1 = 0,25$  кг и  $m_2 = 0,15$  кг связаны тонкой нитью, переброшенной через блок (рис. 32). Блок укреплен на краю горизонтального стола, по поверхности которого скользит тело массой  $m_1$ . С каким ускорением движутся тела и каковы силы  $T_1$  и  $T_2$  натяжения нити по обе стороны от блока? Коэффициент трения  $\mu$  тела о поверхность

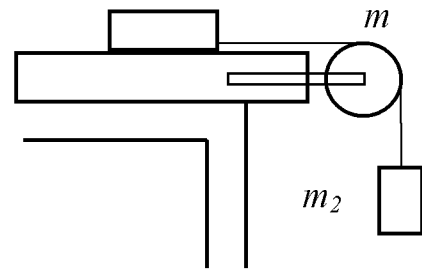


Рис. 32

стола равен 0,2. Масса  $m$  блока равна 0,1 кг и ее можно считать равномерно распределенной по ободу. Массой нити и трением в подшипниках оси блока пренебречь.

**135.** Через неподвижный блок в виде однородного сплошного цилиндра массой  $m = 160$  г перекинута невесомая нить, к концам которой подвешены грузы массами  $m_1 = 200$  г и  $m_2 = 300$  г (рис. 33). Пренебрегая трением в оси блока, определить: 1) ускорение  $a$  грузов; 2) силы натяжения  $T_1$  и  $T_2$  грузов.

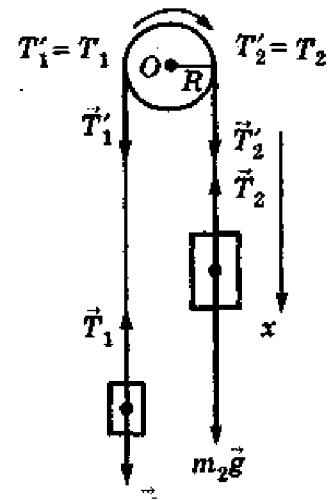


Рис. 33

**136.** Через неподвижный блок массой 0,2 кг перекинут шнур, к концам которого подвесили грузы массами  $m_1 = 0,3$  кг и  $m_2 = 0,5$  кг. Определить силы  $T_1$  и  $T_2$  натяжения шнура по обе стороны блока во время движения грузов, если масса блока равномерно распределена по ободу.

**137.** Через неподвижный блок в виде однородного сплошного цилиндра массой  $m = 0,2$  кг перекинута невесомая нить, к концам которой прикреплены тела массами  $m_1 = 0,35$  кг и  $m_2 = 0,55$  кг. Пренебрегая трением в оси блока, определить: 1) ускорение грузов; 2) отношение  $T_2/T_1$  сил натяжения нити.

**138.** Маховик в виде сплошного диска, момент инерции которого  $J = 150$  кг·м<sup>2</sup>, вращается с частотой  $n = 240$  об/мин. На маховик стал действовать момент сил торможения, и через время  $t = 1$  мин он остановился. Определить: 1) момент  $M$  сил торможения; 2) число оборотов маховика от начала торможения до полной остановки.

139. Тело массой  $m_1 = 0,25$  кг, соединенное невесомой нитью посредством блока (в виде полого тонкостенного цилиндра) с телом массой  $m_2 = 0,2$  кг, скользит по поверхности горизонтального стола (рис. 34). Масса блока  $m = 0,15$  кг. Коэффициент трения  $\mu$  тела о поверхность равен  $0,2$ . Пренебрегая трением в подшипниках, определить: 1) ускорение  $a$ , с которым будут двигаться эти тела; 2) силы натяжения  $T_1$  и  $T_2$  нити по обе стороны блока.

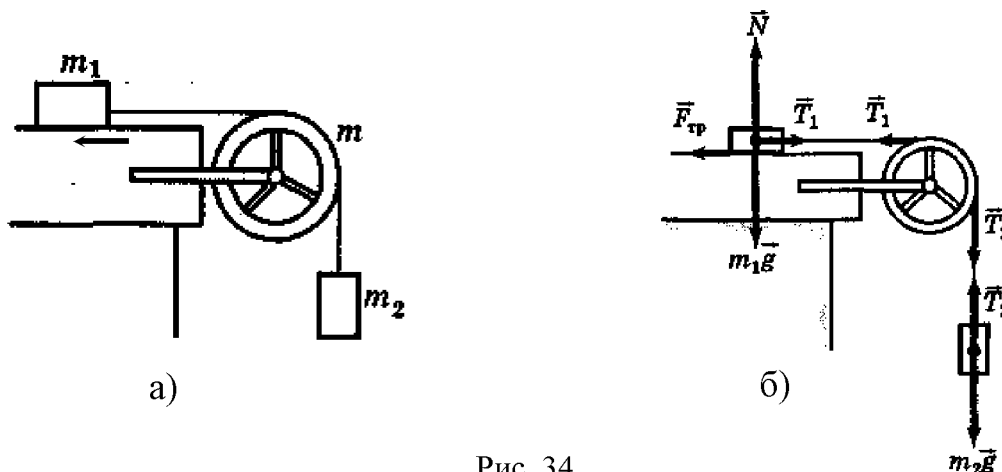


Рис. 34

140. Частота вращения  $n_0$  маховика, момент инерции  $J$  которого равен  $120 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , составляет  $240$  об/мин. После прекращения действия на него вращающего момента маховик под действием сил трения в подшипниках остановился за время  $t = \pi$  мин. Считая трение в подшипниках постоянным, определить момент  $M$  сил трения.

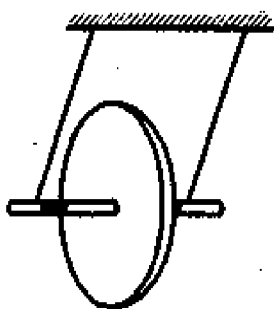


Рис. 35

141. Для демонстрации законов сохранения применяется маятник Максвелла, представляющий собой массивный диск радиусом  $R$  и массой  $m$ , туго насаженный на ось радиусом  $r$ , которая подвешивается на двух предварительно намотанных на нее нитях (рис. 35). Когда маятник отпускают, то он совершает возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости при одновременном движении диска вокруг оси. Не учитывая сил сопротивления и момента инерции оси, определить:

1) ускорение поступательного движения маятника; 2) силу натяжения нити.

142. Шар массой  $m = 10$  кг и радиусом  $20$  см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид

$\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ , где  $B = 4 \text{ рад/с}^2$ ;  $C = -1 \text{ рад/с}^3$ . Найти закон изменения момента сил, действующих на шар. Определить момент сил  $M$  в момент времени  $t = 2 \text{ с}$ .

**143.** Шар радиусом  $R = 10 \text{ см}$  и массой  $m = 5 \text{ кг}$  вращается вокруг оси симметрии согласно уравнению  $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$  ( $B = 2 \text{ рад/с}^2$ ,  $C = -0,5 \text{ рад/с}^3$ ). Определить момент сил  $M$  для  $t = 3 \text{ с}$ .

**144.** Однородный тонкий стержень массой  $0,2 \text{ кг}$  и длиной  $1 \text{ м}$  может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси  $Z$ , проходящей через точку  $O$  (рис. 36). В точку  $A$  на стержне попадает пластилиновый шарик, летящий горизонтально (перпендикулярно оси  $Z$ ) со скоростью  $10 \text{ м/с}$ , и прилипает к стержню. Масса шарика равна  $10 \text{ г}$ . Определить угловую скорость стержня и линейную скорость нижнего конца стержня в начальный момент времени. Вычисления выполнить для следующих значений расстояния между точками  $A$  и  $O$ : 1)  $l/2$ ; 2)  $l/3$ ; 3)  $l/4$ .

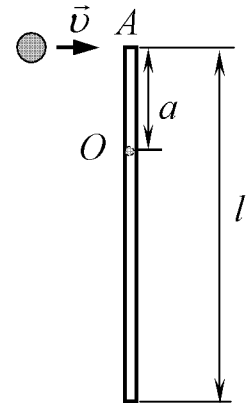


Рис. 36

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

**146.** На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом  $2 \text{ м}$ , стоит человек массой  $m_1 = 80 \text{ кг}$ . Масса  $m_2$  платформы равна  $240 \text{ кг}$ . Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой угловой скоростью будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью  $2 \text{ м/с}$  относительно платформы.

**147.** На скамье Жуковского стоит человек и держит в руках стержень длиной  $2,4 \text{ м}$  и массой  $8 \text{ кг}$ , расположенный вертикально по оси вращения скамейки. Скамья с человеком вращается с частотой  $n_1 = 1 \text{ с}^{-1}$ . С какой частотой  $n_2$  будет вращаться скамья с человеком, если он повернет стержень в горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи равен  $6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

**148.** Человек, стоящий на скамье Жуковского, держит в руках стержень длиной  $l = 2,5 \text{ м}$  и массой  $m = 8 \text{ кг}$ , расположенный вертикально вдоль оси вращения скамейки. Эта система (скамья и человек) обладает

моментом инерции  $J = 10 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  и вращается с частотой  $n_1 = 12 \text{ мин}^{-1}$ . Определить частоту  $n_2$  вращения системы, если стержень повернуть в горизонтальное положение.

**149.** Горизонтальная платформа массой  $m = 25 \text{ кг}$  и радиусом  $R = 0,8 \text{ м}$  вращается с частотой  $n_1 = 18 \text{ мин}^{-1}$ . В центре стоит человек и держит в расставленных руках гири. Считая платформу диском, определить частоту вращения платформы, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции с  $J_1 = 3,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  до  $J_2 = 1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

**150.** Человек массой  $m = 60 \text{ кг}$ , стоящий на краю горизонтальной платформы массой  $M = 120 \text{ кг}$ , вращающейся по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси с частотой  $n_1 = 10 \text{ мин}^{-1}$ , переходит к ее центру. Считая платформу круглым однородным диском, а человека – точечной массой, определить, с какой частотой  $n_2$  будет тогда вращаться платформа.

**151.** Человек массой  $m = 60 \text{ кг}$ , стоящий на краю горизонтальной платформы радиусом  $R = 1 \text{ м}$  и массой  $M = 120 \text{ кг}$ , вращающейся по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси с частотой  $n_1 = 10 \text{ мин}^{-1}$ , переходит к ее центру. Считая платформу круглым однородным диском, а человека – точечной массой, определить работу, совершаемую человеком при переходе от края платформы к ее центру.

**152.** Шарик массой  $100 \text{ г}$ , привязанный к концу нити длиной  $l_1 = 1 \text{ м}$ , вращается, опираясь на горизонтальную плоскость, с частотой  $n_1 = 1 \text{ с}^{-1}$ . Нить укорачивается и шарик приближается к оси вращения до расстояния  $l_2 = 0,5 \text{ м}$ . С какой частотой  $n_2$  будет при этом вращаться шарик? Какую работу  $A$  совершит внешняя сила, укорачивая нить? Трением шарика о плоскость пренебречь.

**153.** Маховик вращается по закону, выраженному уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 2 \text{ рад}$ ;  $B = 16 \text{ рад/с}$ ;  $C = -2 \text{ рад/с}^2$ . Момент инерции колеса равен  $50 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ . Найти законы, по которым меняются вращающий момент  $M$  и мощность  $N$ . Чему равна мощность в момент времени  $t = 3 \text{ с}$ ?

**154.** Маховик в виде диска массой  $80 \text{ кг}$  и радиусом  $30 \text{ см}$  находится в состоянии покоя. Какую работу  $A_1$  нужно совершить, чтобы сообщить маховику частоту  $n = 10 \text{ с}^{-1}$ ? Какую работу  $A_2$  пришлось бы совершить, если бы при той же массе диск имел меньшую толщину, но вдвое больший радиус?

**155.** Маховик, момент инерции которого равен  $40 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , начал вращаться равноускоренно из состояния покоя под действием момента силы  $M = 20 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Вращение продолжалось в течение  $10 \text{ с}$ . Определить кинетическую энергию, приобретенную маховиком.

**156.** Пуля массой 10 г летит со скоростью 800 м/с, вращаясь около продольной оси с частотой  $3000 \text{ с}^{-1}$ . Принимая пулю за цилиндр диаметром 8 мм, определить полную кинетическую энергию пули.

**157.** Сплошной цилиндр массой 4 кг катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Линейная скорость оси цилиндра равна 1 м/с. Определить полную кинетическую энергию цилиндра.

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

**159.** Сколько времени будет скатываться без скольжения обруч с наклонной плоскости длиной 2 м и высотой 10 см?

**160.** Карандаш длиной 15 см, поставленный вертикально, падает на стол. Какую угловую и линейную скорости будет иметь в конце падения: 1) середина карандаша? 2) верхний его конец? Считать, что трение настолько велико, что нижний конец карандаша не проскальзывает.

**161.** Определить плотность вещества планеты, сутки которой составляют 24 часа, если на экваторе этой планеты тела невесомы.

**162.** Определить отношение модулей веса тела на экваторе и полюсе планеты радиусом  $R$  и массой  $M$ , если продолжительность суток на планете  $T$ .

**163.** Определить, во сколько раз сила притяжения на Земле больше силы притяжения на Марсе, если радиус Марса составляет 0,53 радиуса Земли, а масса Марса – 0,11 массы Земли.

**164.** Определить среднюю плотность Земли, если известна гравитационная постоянная.

**165.** Две материальные точки массами  $m_1$  и  $m_2$  расположены друг от друга на расстоянии  $R$ . Определить угловую скорость вращения, с которой они должны вращаться вокруг общего центра масс, чтобы расстояние между ними осталось постоянным.

**166.** Два одинаковых однородных шара из одинакового материала, соприкасаясь друг с другом, притягиваются. Определить, как изменится сила притяжения, если массу шаров увеличить в  $n = 3$  раза.

**167.** Ракета, пущенная вертикально вверх, поднялась на высоту 3200 км и начала падать. Какой путь пройдет ракета за первую секунду своего падения?

**168.** Радиус планеты Марс равен 3,4 Мм, ее масса  $6,4 \cdot 10^{23}$  кг. Определить напряженность  $g$  гравитационного поля на поверхности Марса.

**169.** Радиус малой планеты равен 250 км, средняя плотность  $3 \text{ г/см}^3$ . Определить ускорение свободного падения  $g$  на поверхности планеты.

170. Искусственный спутник обращается вокруг Земли по окружности на высоте 3,6 Мм. Определить линейную скорость спутника. Радиус Земли и ускорение свободного падения на поверхности Земли считать известными.

171. Искусственный спутник Земли движется по круговой орбите на высоте  $h = 500$  км. Определить скорость его движения.

172. Считая орбиту Земли круговой, определить линейную скорость  $v$  движения Земли вокруг Солнца.

173. Период обращения искусственного спутника Земли составляет 3 ч. Считая его орбиту круговой, определить, на какой высоте от поверхности Земли находится спутник.

174. Планета массой  $M$  движется по окружности вокруг Солнца со скоростью  $v$  (относительно гелиоцентрической системы отсчета). Определить период обращения этой планеты вокруг Солнца.

175. На какую высоту над поверхностью Земли поднимется ракета, пущенная вертикально вверх, если начальная скорость ракеты равна первой космической скорости?

176. Считая плотность Земли постоянной, определить глубину, на которой ускорение свободного падения составляет 25 % от ускорения свободного падения на поверхности Земли.

177. Определить, в какой точке (считается от Земли) на прямой, соединяющей центры Земли и Луны, напряженность поля тяготения равна нулю. Расстояние между центрами Земли и Луны равно  $R$ , масса Земли в 81 раз больше массы Луны.

178. На какой высоте  $h$  ускорение свободного падения вдвое меньше его значения на поверхности Земли?

179. Принимая, что радиус Земли известен, определить, на какой высоте  $h$  над поверхностью Земли напряженность поля тяготения равна 4,9 Н/кг.

180. Определить высоту, на которой ускорение свободного падения составляет 25 % от ускорения свободного падения на поверхности Земли.

181. Стационарным искусственным спутником Земли называют спутник, находящийся постоянно над одной и той же точкой экватора. Определить расстояние такого спутника до центра Земли.

182. На экваторе некоторой планеты (плотность вещества планеты  $\rho = 3$  г/см<sup>3</sup>) тела весят в два раза меньше, чем на полюсе. Определить период обращения планеты вокруг собственной оси.

183. Для тела массой  $m$ , находящегося в гравитационном поле Земли над ее поверхностью, вывести зависимость потенциальной энергии тела от



расстояния до центра Земли. Считать известными радиус Земли  $R_3$  и ускорение свободного падения  $g$  на поверхности Земли.

**184.** Определить работу сил поля тяготения при перемещении тела массой  $m = 12$  кг из точки 1, находящейся от центра Земли на расстоянии  $r_1 = 4R$ , в точку 2, находящуюся от ее центра на расстоянии  $r_2 = 2R$ , где  $R$  – радиус Земли (рис. 37).

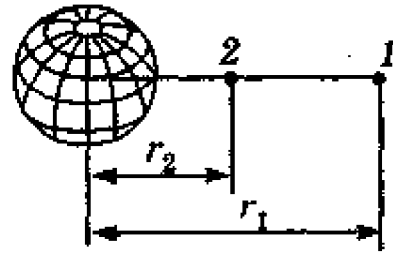


Рис. 37

**185.** Спутник поднимают на высоту  $h = 6370$  км и запускают его по круговой орбите на той же высоте. Определить отношение работы, совершаемой при подъеме спутника ( $A_1$ ), к работе, совершаемой при его запуске ( $A_2$ ).

**186.** Определить значения потенциала  $\varphi$  гравитационного поля на поверхностях Земли и Солнца.

**187.** Имеется тонкий однородный стержень массой  $m$  и длиной  $l$ . Для точки, находящейся на одной прямой со стержнем на расстоянии  $a$  от его ближайшего конца, определить: 1) потенциал гравитационного поля стержня; 2) напряженность его гравитационного поля.

**188.** Тонкий однородный диск радиусом  $R$  имеет массу  $m$ . Определить в точке, расположенной на оси диска на расстоянии  $h$  от него: 1) потенциал гравитационного поля диска; 2) напряженность его гравитационного поля.

**189.** Принимая потенциальную энергию на бесконечно большом расстоянии равной нулю, определить зависимость потенциальной энергии тела массой  $m$  от расстояния  $R$  до центра Земли.

**190.** Известно, что искусственный спутник Земли движется вокруг нее по круговой орбите. Определить, во сколько раз гравитационная потенциальная энергия спутника больше его кинетической энергии.

**191.** Два алюминиевых шарика ( $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup>) радиусами  $r_1 = 3$  см и  $r_2 = 5$  см соприкасаются друг с другом. Определить потенциальную энергию их гравитационного взаимодействия.

**192.** Два одинаковых однородных шара из одинакового материала соприкасаются друг с другом. Определить, как изменится потенциальная энергия их гравитационного взаимодействия, если массу шаров увеличить в  $n = 3$  раза.

**193.** Принимая, что атмосфера на Луне отсутствует, определить скорость падения метеорита на ее поверхность. Скорость метеорита вдали от Луны считать малой.

**194.** Найти первую и вторую космические скорости вблизи поверхности Солнца.

**195.** Какова будет скорость ракеты на высоте, равной радиусу Земли, если ракета пущена с Земли с начальной скоростью 10 км/с? Сопротивление воздуха не учитывать. Радиус Земли  $R$  и ускорение свободного падения  $g$  на ее поверхности считать известными.

**196.** Определить первую космическую скорость, т.е. горизонтально направленную минимальную скорость, которую надо сообщить телу, чтобы его орбита в поле тяготения Земли стала круговой (тело могло превратиться в искусственный спутник Земли).

**197.** Определить вторую космическую скорость, т.е. наименьшую скорость, которую надо сообщить телу, чтобы его орбита в поле тяготения Земли стала параболической (тело могло превратиться в спутник Солнца).

**198.** Определите вторую космическую скорость для Луны.

**199.** Два спутника с одинаковой массой движутся вокруг Земли по круговым орбитам разных радиусов  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_2 > R_1$ ). Определить: 1) отношение кинетической энергии второго спутника к первому; 2) как зависят от радиуса орбиты потенциальная и полная энергии спутников.

**200.** Определить работу, которую необходимо совершить, чтобы тело массой  $m = 1000$  кг, находящееся на Земле, смогло превратиться в спутник Солнца (при отсутствии сопротивления среды).

**201.** Какое давление создает компрессор в краскопульте, если струя жидкой краски вытекает из него со скоростью 25 м/с? Плотность краски равна  $800 \text{ кг/м}^3$ .

**202.** По трубе течет машинное масло. Максимальная скорость, при которой движение масла в этой трубке остается еще ламинарным, равна 32 см/с. При какой скорости движение глицерина в той же трубе переходит из ламинарного в турбулентное?

**203.** В трубе с внутренним диаметром 3 см течет вода. Определить максимальный массовый расход воды при ламинарном течении.

**204.** Латунный шарик диаметром 0,5 мм падает в глицерине. Определить: 1) скорость установившегося движения шарика; 2) является ли при этой скорости обтекание шарика ламинарным?

**205.** Автомобиль с площадью миделя (наибольшая площадь сечения в направлении, перпендикулярном скорости)  $S = 2,2 \text{ м}^2$ , коэффициентом лобового сопротивления  $C_x = 0,4$  и максимальной мощностью  $P = 45 \text{ кВт}$  может на горизонтальных участках дороги развивать скорость до 140 км/ч.

При реконструкции автомобиля площадь миделя уменьшили до  $S_l = 2 \text{ м}^2$ , оставив  $C_x$  прежним. Принимая силу трения о поверхность дороги постоянной, определить, какую максимальную мощность должен иметь автомобиль, чтобы он развивал на горизонтальных участках дороги скорость до 160 км/ч. Плотность воздуха принять равной  $1,29 \text{ кг/м}^3$ .

**206.** Парашют ( $m_1 = 32 \text{ кг}$ ) пилота ( $m_2 = 65 \text{ кг}$ ) в раскрытом состоянии имеет форму полусферы диаметром  $d = 12 \text{ м}$  с коэффициентом сопротивления  $C_x = 1,3$ . Определить максимальную скорость, развиваемую пилотом, при плотности воздуха  $1,29 \text{ кг/м}^3$ .

**207.** Определить наибольшую скорость, которую может приобрести свободно падающий в воздухе ( $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ ) свинцовый шарик ( $\rho' = 11,3 \text{ г/см}^3$ ) массой  $m = 12 \text{ г}$ . Коэффициент сопротивления  $C_x$  принять равным 0,5.

**208.** Парашют ( $m_1 = 32 \text{ кг}$ ) пилота ( $m_2 = 65 \text{ кг}$ ) в раскрытом состоянии имеет форму полусферы диаметром  $d = 12 \text{ м}$ , обладая коэффициентом сопротивления  $C_x = 1,3$ . Определить максимальную скорость, развиваемую пилотом, при плотности воздуха  $1,29 \text{ кг/м}^3$ .

**209.** Пробковый шарик (плотность  $\rho = 0,2 \text{ г/см}^3$ ) диаметром  $d = 6 \text{ мм}$  всплывает в сосуде, наполненном касторовым маслом ( $\rho = 0,96 \text{ г/см}^3$ ), с постоянной скоростью  $v = 1,5 \text{ см/с}$ . Определить для касторового масла: 1) динамическую вязкость  $\eta$ ; 2) кинематическую вязкость  $\nu$ .

**210.** Стальной шарик (плотность  $\rho_1 = 9 \text{ г/см}^3$ ) падает с постоянной скоростью в сосуде с глицерином ( $\rho_2 = 1,26 \text{ г/см}^3$ , динамическая вязкость  $\eta = 1,48 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ). Считая, что при числе Рейнольдса  $Re \leq 0,5$  выполняется закон Стокса, определить предельный диаметр шарика.

**211.** Стальной шарик (плотность  $\rho' = 9 \text{ г/см}^3$ ) диаметром  $d = 0,8 \text{ см}$  падает с постоянной скоростью в касторовом масле ( $\rho = 0,96 \text{ г/см}^3$ , динамическая вязкость  $\eta = 0,99 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ). Учитывая, что критическое значение числа Рейнольдса  $Re_{кр} = 0,5$ , определить характер движения масла, обусловленный падением в нем шарика.

**212.** В широком сосуде, наполненном глицерином (плотность  $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$ , динамическая вязкость  $\eta = 1,48 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ), падает свинцовый шарик (плотность  $\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$ ). Считая, что при числе Рейнольдса  $Re \leq 0,5$  выполняется закон Стокса (при вычислении  $Re$  в качестве характерного размера берется диаметр шарика), определить предельный диаметр шарика.

**213.** Смесь свинцовых дробин (плотность  $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$ ) диаметрами 4 мм и 2 мм одновременно опускают в широкий сосуд глубиной  $h = 1,5 \text{ м}$

с глицерином (плотность  $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$ , динамическая вязкость  $\eta = 1,48 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ). Определить, на сколько больше времени потребуется дробинкам меньшего размера, чтобы достичь дна сосуда.

**214.** Шарик всплывает с постоянной скоростью в жидкости, плотность которой в три раза больше плотности материала шарика. Определить отношение силы трения, действующей на всплывающий шарик, к его весу.

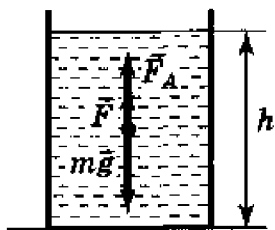


Рис. 38

**215.** Свинцовые дробинки ( $\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$ ), диаметр которых 4 мм и 2 мм, одновременно опускают в широкий сосуд глубиной  $h = 1,5 \text{ м}$  с глицерином ( $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$ ) (рис. 38). Динамическая вязкость глицерина  $\eta = 1,48 \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Определить, на сколько больше времени потребуется дробинкам меньшего размера, чтобы достичь дна сосуда.

**216.** Площадь соприкосновения слоев текущей жидкости  $S = 10 \text{ см}^2$ , коэффициент динамической вязкости жидкости  $\eta = 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ , а возникающая сила трения между слоями  $F = 0,1 \text{ мН}$ . Определить градиент скорости.

**217.** На столе стоит наполненный водой широкий цилиндрический сосуд высотой  $h = 40 \text{ см}$ . Пренебрегая вязкостью, определить, на какой высоте от дна сосуда должно располагаться небольшое отверстие, чтобы расстояние по горизонтали от отверстия до места, куда попадает струя воды, было максимальным.

**218.** Через трубку сечением  $S_1 = 100 \text{ см}^2$  (рис. 39) продувается воздух со скоростью  $2 \text{ м}^3/\text{мин}$ . В трубке имеется короткий участок с меньшим поперечным сечением  $S_2 = 20 \text{ см}^2$ . Определить: 1) скорость  $v_1$  воздуха в широкой части трубки; 2) разность уровней  $\Delta h$  воды, используемой в подсоединенном к данной системе манометре. Плотность воздуха  $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$ , воды  $\rho' = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

**219.** Вдоль оси горизонтальной трубки диаметром 3 см, по которой течет углекислый газ ( $\rho = 7,5 \text{ кг/м}^3$ ), установлена трубка Пито (рис. 40). Пренебрегая вязкостью, определить объем газа, проходящего за 1 с через сечение трубы, если разность уровней в жидкостном манометре составляет  $\Delta h = 0,5 \text{ см}$ . Плотность жидкости принять равной  $\rho' = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

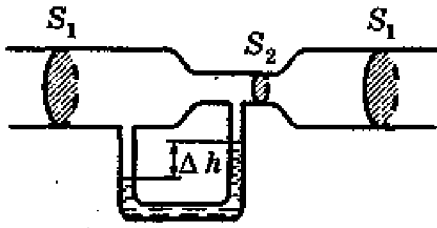


Рис. 39

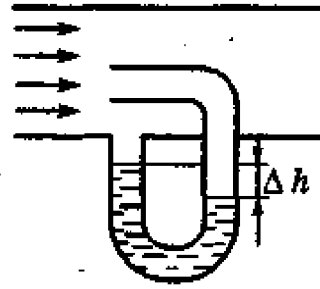


Рис. 40

**220.** Определить разность давлений в широком и узком ( $d_1 = 9$  см,  $d_2 = 6$  см) коленах горизонтальной трубы (рис. 41), если в широком колене продувается воздух ( $\rho = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>) со скоростью  $v_1 = 6$  м/с.

**221.** Определить, на какую высоту  $h$  поднимется вода в вертикальной трубке (рис. 41), впаянной в узкую часть горизонтальной трубы диаметром  $d_2 = 3$  см, если в широкой части трубы диаметром  $d_1 = 9$  см скорость газа  $v_1 = 25$  см/с.

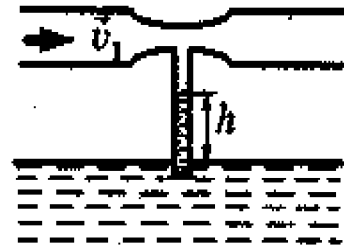


Рис. 41

**222.** По горизонтальной трубе переменного сечения (рис. 42) течет вода. Площади поперечных сечений трубы на разных ее участках соответственно равны  $S_1 = 10$  см<sup>2</sup> и  $S_2 = 20$  см<sup>2</sup>. Разность уровней  $\Delta h$  воды в вертикальных трубках одинакового сечения составляет 20 см. Определить объем воды, проходящей за 1 с через сечение трубы.

**223.** По горизонтальной трубе в направлении, указанном на рис. 43 стрелкой, течет жидкость. Разность уровней  $\Delta h$  жидкости в манометрических трубках 1 и 2 одинакового диаметра составляет 8 см. Определить скорость течения жидкости по трубе.

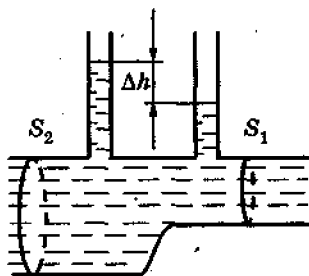


Рис. 42

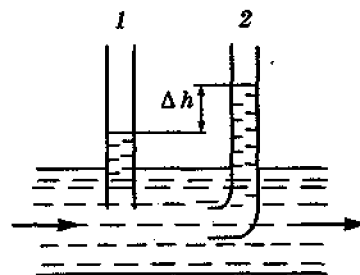


Рис. 43

**224.** Для точного измерения малых разностей давления служат U-образные манометры, которые заполнены двумя различными жидкостями. В одном из них при использовании нитробензола ( $\rho = 1,203 \text{ г/см}^3$ ) и воды ( $\rho' = 1,000 \text{ г/см}^3$ ) получили разность уровней  $\Delta h = 26 \text{ мм}$ . Определить разность давлений.

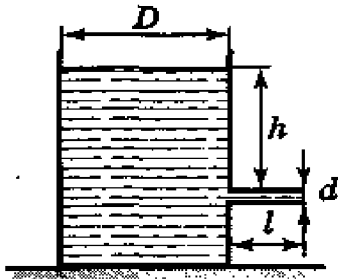


Рис. 44

**225.** В боковую поверхность цилиндрического сосуда диаметром  $D$  вставлен капилляр внутренним диаметром  $d$  и длиной  $l$  (рис. 44). В сосуд налита жидкость с динамической вязкостью  $\eta$ . Определить зависимость скорости  $v$  понижения уровня жидкости в сосуде от высоты  $h$  этого уровня над капилляром.

**226.** В боковую поверхность цилиндрического сосуда, установленного на столе, вставлен на высоте  $h_1 = 10 \text{ см}$  от его дна капилляр внутренним диаметром  $d = 2 \text{ мм}$  и длиной  $l = 1 \text{ см}$ . В сосуде поддерживается постоянный уровень машинного масла (плотность  $\rho = 0,9 \text{ г/см}^3$  и динамическая вязкость  $\eta = 0,1 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ) на высоте  $h_2 = 70 \text{ см}$  выше капилляра. Определить расстояние по горизонтали от конца капилляра до места, куда попадает струя масла.

**227.** В боковую поверхность сосуда вставлен горизонтальный капилляр внутренним диаметром  $d = 2 \text{ мм}$  и длиной  $l = 1,2 \text{ см}$ . Через капилляр вытекает касторовое масло (плотность  $\rho = 0,96 \text{ г/см}^3$ , динамическая вязкость  $\eta = 0,99 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ), уровень которого в сосуде поддерживается постоянным на высоте  $h = 30 \text{ см}$  выше капилляра. Определить время, которое требуется для протекания через капилляр  $10 \text{ см}^3$  масла.

**229.** В дне сосуда имеется отверстие диаметром  $d_1$ . В сосуде вода поддерживается на постоянном уровне, равном  $h$ . Считая, что струя не разбрызгивается и пренебрегая силами трения в жидкости, определить диаметр струи, вытекающей из сосуда на расстоянии  $h_1 = 2h$  от его дна.

**230.** Площадь поршня, вставленного в горизонтально расположенный налитый водой цилиндр (рис. 45),  $S_1 = 1,5 \text{ см}^2$ , а площадь отверстия  $S_2 = 0,8 \text{ мм}^2$ . Пренебрегая трением и вязкостью, определить время  $t$ , за которое вытечет вода из цилиндра, если на поршень действовать постоянной силой  $F = 5 \text{ Н}$ , а ход поршня  $l = 5 \text{ см}$ . Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .



Рис. 45

**231.** Определить работу, которая затрачивается на преодоление трения при перемещении воды объемом  $V = 1,5 \text{ м}^3$  в горизонтальной трубе (рис. 46) от сечения с давлением  $p_1 = 40 \text{ кПа}$  до сечения с давлением  $p_2 = 20 \text{ кПа}$ .

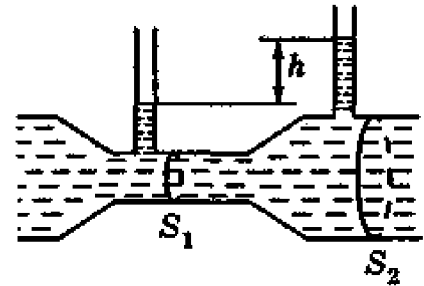


Рис. 46

**232.** Сосуд в виде полусферы радиусом  $R = 10 \text{ см}$  (рис. 47) до краев наполнен водой. На дне сосуда имеется отверстие площадью поперечного сечения  $S = 4 \text{ мм}^2$ . Определить время, за которое через это отверстие выльется столько воды, что ее уровень в сосуде понизится на  $5 \text{ см}$ .

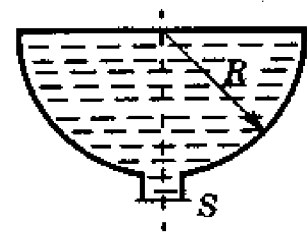


Рис. 47

**233.** Бак цилиндрической формы площадью основания  $10 \text{ м}^2$  и объемом  $100 \text{ м}^3$  заполнен водой. Пренебрегая вязкостью воды, определить время, необходимое для полного опустошения бака, если на дне его образовалось круглое отверстие площадью  $8 \text{ см}^2$ .

**234.** В сосуд заливается вода со скоростью  $0,5 \text{ л/с}$ . Пренебрегая вязкостью воды, определить диаметр отверстия в сосуде, при котором вода поддерживалась бы в нем на постоянном уровне  $h = 20 \text{ см}$ .

**235.** В бочку заливается вода со скоростью  $200 \text{ см}^3/\text{с}$ . На дне бочки образовалось отверстие площадью поперечного сечения  $0,8 \text{ см}^2$ . Пренебрегая вязкостью воды, определить уровень воды в бочке.

**236.** Пренебрегая вязкостью жидкости, определить скорость истечения жидкости из малого отверстия в стенке сосуда, если высота  $h$  уровня жидкости над отверстием составляет  $1,5 \text{ м}$  (рис. 48).

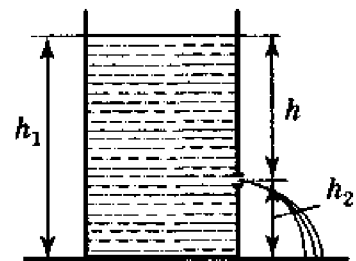


Рис. 48

**237.** По трубе радиусом  $r = 1,5$  см течет углекислый газ ( $\rho = 7,5$  кг/м<sup>3</sup>). Определить скорость его течения, если за  $t = 20$  мин через поперечное сечение трубы протекает  $m = 950$  г газа.

**238.** Водомер представляет собой горизонтальную трубу переменного сечения, в которую впаяны две вертикальные манометрические трубки одинакового сечения (см. рис. 46). По трубе протекает вода. Пренебрегая вязкостью воды, определить ее массовый расход, если разность уровней в манометрических трубках  $\Delta h = 8$  см, а сечения у оснований манометрических трубок соответственно равны  $S_1 = 6$  см<sup>2</sup> и  $S_2 = 12$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.

**239.** На столе стоит цилиндрический сосуд, наполненный водой до уровня  $H = 20$  см от дна. Если в воду ( $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>) опустить плавать тонкостенный никелевый стакан ( $\rho' = 8,8$  г/см<sup>3</sup>), то уровень воды подымается на  $h = 2,2$  см. Определить уровень  $H_1$  воды в сосуде, если стакан утопить.

**240.** Полый медный шар ( $\rho = 8,93$  г/см<sup>3</sup>) весит в воздухе 3 Н, а в воде ( $\rho' = 1$  г/см<sup>3</sup>) – 2 Н. Пренебрегая выталкивающей силой воздуха, определить объем внутренней полости шара.

**241.** Сколько молекул газа содержится в баллоне вместимостью 30 л при температуре 300 К и давлении 5 МПа?

**242.** В колбе вместимостью 100 см<sup>3</sup> содержится некоторый газ при температуре 300 К. На сколько понизится давление газа в колбе, если вследствие утечки из колбы выйдет  $10^{20}$  молекул?

**243.** В колбе вместимостью 240 см<sup>3</sup> находится газ при температуре 290 К и давлении 50 кПа. Определить количество вещества газа и число его молекул.

**244.** Плотность некоторого газа при температуре 14 °С и давлении  $4 \cdot 10^5$  Па равна 0,68 кг/м<sup>3</sup>. Определить молярную массу этого газа.

**245.** В баллоне объемом 20 л находится водород массой 6 г при температуре 300 К. Найти плотность и давление водорода.

**246.** Определить наименьший объем баллона, вмещающего 6 кг кислорода, если его стенки при температуре 27 °С выдерживают давление 15 МПа.

**247.** В сосуде А объемом 2 л находится газ под давлением  $3 \cdot 10^5$  Па, а в сосуде В объемом 4 л находится тот же газ под давлением  $1 \cdot 10^5$  Па.



Температура обоих сосудов одинакова и постоянна. Под каким давлением будет находиться газ после соединения сосудов А и В трубкой? Объемом соединительной трубки пренебречь.

**248.** Определить концентрацию  $n$  молекул кислорода и его плотность  $\rho$  при давлении  $p = 5$  нПа и температуре  $20$  °С.

**249.** Молекулярный пучок падает перпендикулярно на стенку, от которой молекулы отражаются по закону абсолютно упругого удара. Концентрация молекул в пучке  $n$ , масса молекулы  $m_0$ , скорость каждой молекулы  $v$ . Найти давление  $p$ , испытываемое стенкой, если: 1) стенка неподвижна; 2) стенка движется в направлении своей нормали со скоростью  $u$ .

**250.** В цилиндр длиной  $1,6$  м, заполненный воздухом при нормальном давлении  $p_0$ , начали медленно вдвигать поршень площадью  $200$  см<sup>2</sup>. Определить силу, которая будет действовать на поршень, если его остановить на расстоянии  $10$  см от дна цилиндра.

**251.** Колба объемом  $300$  см<sup>3</sup>, закрытая пробкой с краном, содержит разреженный воздух. Для измерения давления в колбе горлышко колбы погрузили в воду на незначительную глубину и открыли кран, в результате чего в колбу вошла вода массой  $292$  г. Определить первоначальное давление в колбе, если атмосферное давление  $p_0$  равно  $100$  кПа.

**252.** В U-образный манометр налита ртуть. Открытое колено манометра соединено с окружающим пространством при нормальном атмосферном давлении  $p_0$ , и ртуть в открытом колене стоит выше, чем в закрытом, на  $\Delta h = 10$  см. При этом свободная от ртути часть трубки закрытого колена имеет длину  $20$  см. Когда открытое колено присоединили к баллону с воздухом, разность уровней ртути увеличилась и достигла значения  $\Delta h_1 = 26$  см. Найти давление воздуха в баллоне.

**253.** Полый шар объемом  $10$  см<sup>3</sup>, заполненный воздухом при температуре  $T_1 = 573$  К, соединили трубкой с чашкой, заполненной ртутью. Определить массу ртути, вошедшей в шар при остывании воздуха в нем до температуры  $T_2 = 293$  К. Изменением объема шара пренебречь.

**254.** В баллоне объемом  $25$  л находится водород при температуре  $290$  К. После того как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на  $0,4$  МПа. Определить массу израсходованного водорода.

**255.** Оболочка аэростата объемом  $1600$  м<sup>3</sup>, находящегося на поверхности Земли, на  $k = 7/8$  наполнена водородом при давлении  $100$  кПа и температуре  $290$  К. Аэростат подняли на некоторую высоту, где давле-

ние 80 кПа и температура 280 К. Определить массу водорода, вышедшего из оболочки аэростата при его подъеме.

**256.** Оболочка воздушного шара объемом  $800 \text{ м}^3$  целиком заполнена водородом при температуре  $T_1 = 273 \text{ К}$ . На сколько изменится подъемная сила шара при повышении температуры до  $T_2 = 293 \text{ К}$ ? Считать объем оболочки неизменным и внешнее давление нормальным. В нижней части оболочки имеется отверстие, через которое водород может выходить в окружающее пространство.

**257.** В оболочке сферического аэростата находится газ объемом  $1500 \text{ м}^3$ , заполняющий оболочку лишь частично. На сколько изменится подъемная сила аэростата, если газ в аэростате нагреть от 273 до 293 К? Давления газа в оболочке и окружающего воздуха постоянны и равны нормальному атмосферному давлению.

**258.** Газовый термометр состоит из шара с припаянной к нему горизонтальной стеклянной трубкой. Капелька ртути, помещенная в трубку, отделяет объем шара от внешнего пространства. Площадь поперечного сечения трубки равна  $0,1 \text{ см}^2$ . При температуре  $T_1 = 273 \text{ К}$  капля находилась на расстоянии 30 см от поверхности шара, при температуре  $T_2 = 278 \text{ К}$  – на расстоянии 50 см. Найти объем шара.

**259.** В большой сосуд с водой был опрокинут цилиндрический сосуд. Уровни воды внутри и вне цилиндрического сосуда находятся на одинаковой высоте. Расстояние от уровня воды до дна опрокинутого сосуда равно 40 см. На какую высоту поднимется вода в цилиндрическом сосуде при понижении температуры от 310 до 273 К? Атмосферное давление нормальное.

**260.** Баллон объемом 12 л содержит углекислый газ. Давление газа равно 1 МПа, температура 300 К. Определить массу газа в баллоне.

**261.** Котел объемом  $2 \text{ м}^3$  содержит перегретый водяной пар массой 10 кг при температуре 500 К. Определить давление пара в котле.

**262.** Газ при температуре 309 К и давлении 0,7 МПа имеет плотность  $12 \text{ кг/м}^3$ . Определить относительную молярную массу газа.

**263.** Определить плотность насыщенного водяного пара в воздухе при температуре 300 К. Давление насыщенного водяного пара при этой температуре равно 3,55 кПа.

**264.** Оболочка воздушного шара имеет объем  $1600 \text{ м}^3$ . Найти подъемную силу водорода, наполняющего оболочку, на высоте, где давление 60 кПа и температура 280 К. При подъеме шара водород может выходить через отверстие в нижней части шара.

**265.** В баллоне находятся 8 г водорода и 12 г азота при температуре 17 °С и под давлением  $1,8 \cdot 10^5$  Па. Определить молярную массу смеси и объем баллона.

**266.** В сосуде находятся  $m_1 = 3,2 \cdot 10^{-12}$  кг кислорода и  $m_2 = 2,8 \cdot 10^{-10}$  кг азота. Температура смеси 300 К. Давление в сосуде 0,15 Па. Определить объем сосуда и концентрацию молекул смеси в нем.

**267.** Найти давление смеси газа в сосуде объемом 5 л, если в нем находятся  $N_1 = 2 \cdot 10^{15}$  молекул кислорода,  $N_2 = 8 \cdot 10^{15}$  молекул азота и  $m = 1,0$  нкг аргона. Температура смеси 17 °С.

**268.** В сосуде находятся 2 г водорода и 12 г азота при температуре 17 °С и давлении 0,18 МПа. Найти концентрацию молекул водорода в смеси.

**269.** Какой объем занимает смесь газов – азота массой 1 кг и гелия массой 1 кг – при нормальных условиях?

**270.** В баллонах объемом  $V_1 = 20$  л и  $V_2 = 44$  л содержится газ. Давление в первом баллоне 2,4 МПа, во втором – 1,6 МПа. Определить общее давление  $p$  и парциальные  $p_{11}$  и  $p_{22}$  после соединения баллонов, если температура газа осталась прежней.

**271.** В сосуде объемом  $0,01 \text{ м}^3$  содержится смесь газов – азота массой 7 г и водорода массой 1 г – при температуре 280 К. Определить давление смеси газов.

**272.** Найти плотность газовой смеси водорода и кислорода, если их массовые доли равны соответственно  $1/9$  и  $8/9$ . Давление смеси равно 100 кПа, температура – 300 К.

**273.** Газовая смесь, состоящая из кислорода и азота, находится в баллоне под давлением 1 МПа. Определить парциальные давления кислорода и азота, если массовая доля кислорода в смеси равна 0,2.

**274.** В 1 кг сухого воздуха содержатся 232 г кислорода и 768 г азота (массами других газов пренебрегаем). Определить относительную молекулярную массу воздуха.

**275.** Баллон объемом 30 л содержит смесь водорода и гелия при температуре 300 К и давлении 828 кПа. Масса смеси равна 24 г. Определить массу водорода и массу гелия.

**276.** В сосуде объемом 15 л находится смесь азота и водорода при температуре 23 °С и давлении 200 кПа. Определить массы смеси и ее компонентов, если массовая доля азота в смеси равна 0,7.

**277.** Баллон вместимостью 5 л содержит смесь гелия и водорода при давлении 600 кПа. Масса смеси равна 4 г, массовая доля гелия равна 0,6. Определить температуру смеси.

**278.** Определить концентрации неона и аргона, если при давлении 0,16 МПа и температуре 47 °С плотность их смеси равна 2,0 кг/м<sup>3</sup>.

**279.** Давление газа равно 1 МПа, концентрация его молекул равна 10<sup>10</sup> см<sup>-3</sup>. Определить: 1) температуру газа  $T$ ; 2) среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа.

**280.** Колба вместимостью 4 л содержит некоторый газ массой 0,6 г под давлением 200 кПа. Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа.

**281.** Вычислить среднюю кинетическую энергию поступательного движения и полную среднюю кинетическую энергию молекулы азота при температуре 300 К. Молекулу азота считать жесткой.

**282.** При какой температуре  $T$  наиболее вероятная скорость молекул азота меньше их средней квадратичной скорости на 50 м/с?

**283.** На какой высоте давление воздуха составляет 80 % давления на уровне моря? Температуру считать постоянной по высоте и равной 7 °С.

**284.** Давление воздуха у поверхности Земли 100 кПа. Считая температуру воздуха постоянной и равной 270 К, определить концентрацию молекул воздуха: 1) у поверхности Земли; 2) на высоте 8 км.

**285.** На какой высоте концентрация молекул водорода составляет 50 % концентрации на уровне моря? Температуру считать постоянной и равной 273 К. Ускорение свободного падения постоянно и равно 9,8 м/с<sup>2</sup>.

**286.** В кабине вертолета барометр показывает давление  $p_1 = 86$  кПа. На какой высоте летит вертолет, если у поверхности Земли давление равно  $p_2 = 0,10$  МПа. Считать, что температура воздуха постоянна и равна 280 К.

**287.** На какой высоте содержание водорода в воздухе по сравнению с содержанием углекислого газа увеличится вдвое? Среднюю по высоте температуру воздуха считать 300 К.

**288.** Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу 10<sup>-18</sup> г. Во сколько раз уменьшится их концентрация при увеличении высоты на 10 м? Температура воздуха 300 К.

**289.** На сколько уменьшится атмосферное давление (100 кПа) при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту 100 м? Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

**290.** На какой высоте над поверхностью Земли атмосферное давление вдвое меньше, чем на ее поверхности? Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

**291.** Найти изменение высоты, соответствующее изменению давления на 100 Па, в двух случаях: 1) вблизи поверхности Земли, где температура равна 290 К, давление равно 100 кПа; 2) на некоторой высоте, где температура равна 220 К, давление равно 25 кПа.

**292.** Барометр в кабине летящего самолета все время показывает одинаковое давление 80 кПа, благодаря чему летчик считает высоту полета неизменной. Однако температура воздуха изменилась на 1 К. Какую ошибку  $\Delta h$  в определении высоты допустил летчик? Считать, что температура не зависит от высоты и что у поверхности Земли давление равно 100 кПа.

**293.** Найти среднюю длину свободного пробега молекул водорода при давлении 0,1 Па и температуре 100 К.

**294.** При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул азота равна 1 м, если температура газа равна 300 К?

**295.** Баллон вместимостью 10 л содержит водород массой 1 г. Определить среднюю длину свободного пробега молекул.

**296.** Можно ли считать вакуум с давлением 100 мкПа высоким, если он создан в колбе диаметром 20 см, содержащей азот при температуре 280 К?

**297.** Определить плотность разреженного водорода, если средняя длина свободного пробега молекул равна 1 см.

**298.** Найти среднее число столкновений, испытываемых в течение 1 с молекулой кислорода при нормальных условиях.

**299.** Найти среднюю продолжительность свободного пробега молекул кислорода при температуре 250 К и давлении 100 Па.

**300.** Найти среднюю длину свободного пробега молекул воздуха при температуре 300 К и давлении 0,15 МПа. Эффективный диаметр молекулы воздуха 0,30 нм.

**301.** Найти среднюю продолжительность  $\tau$  свободного пробега молекул кислорода при температуре 300 К и давлении 150 Па. Эффективный диаметр молекулы кислорода 0,27 нм.

**302.** Определить концентрацию молекул водорода, при которой среднее расстояние между молекулами в сто раз меньше длины свободного пробега молекул. Эффективный диаметр молекулы водорода 0,23 нм.

**303.** Средняя длина свободного пробега электрона в газе приблизительно в 5,7 раз больше, чем средняя длина свободного пробега молекул газа. Найти среднюю длину пробега электронов в разрядной трубке, содержащей водород при температуре 127 °С и давлении 1,2 Па. Эффективный диаметр молекулы водорода 0,23 нм.

**304.** Средняя длина свободного пробега атомов гелия при нормальных условиях равна 180 нм. Определить диффузию гелия.

**305.** Диффузия кислорода при температуре 0 °С равна 0,19 см<sup>2</sup>/с. Определить среднюю длину свободного пробега молекул кислорода.

**306.** Вычислить диффузию азота: 1) при нормальных условиях; 2) при давлении 100 Па и температуре 300 К.

**307.** Определить, во сколько раз отличается диффузия газообразного водорода от диффузии газообразного кислорода, если оба газа находятся при одинаковых условиях.

**308.** Вычислить динамическую вязкость кислорода при нормальных условиях.

**309.** Найти среднюю длину свободного пробега молекул азота при условии, что его динамическая вязкость равна 17 мкПа·с.

**310.** Найти динамическую вязкость гелия при нормальных условиях, если диффузия при тех же условиях равна  $1,06 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с.

**311.** Между двумя пластинами, расположенными на расстоянии 2 мм друг от друга, находится воздух при нормальных условиях. Между пластинами поддерживается разность температур  $\Delta T = 20$  К. Площадь каждой пластины равна 150 см<sup>2</sup>. Найти количество теплоты  $Q$ , передаваемое от одной пластины к другой за 0,5 ч. Эффективный диаметр молекулы воздуха – 0,30 нм.

**312.** Кислород и углекислый газ находятся при одинаковых температуре и давлении. Эффективные диаметры молекул этих газов соответственно равны 0,35 нм и 0,40 нм. Найти для этих газов отношения: 1) коэффициентов диффузии  $D_1/D_2$ ; 2) коэффициентов внутреннего трения  $\eta_1/\eta_2$ .

**313.** Цилиндр радиусом  $R_1 = 10$  см и длиной 30 см расположен внутри цилиндра радиусом  $R_2 = 10,5$  см так, что оси обоих цилиндров совпадают. Малый цилиндр неподвижен, большой вращается относительно геометрической оси с частотой  $15 \text{ с}^{-1}$ . Динамическая вязкость газа, в котором находятся цилиндры, равна  $8,5 \text{ мкПа}\cdot\text{с}$ . Определить: 1) касательную силу  $F_\tau$ , действующую на поверхность внутреннего цилиндра площадью  $1 \text{ м}^2$ ; 2) вращающий момент  $M$ , действующий на этот цилиндр.

**314.** В ультраразреженном азоте, находящемся под давлением  $1 \text{ МПа}$  при температуре  $300 \text{ К}$ , движутся друг относительно друга две параллельные пластины со скоростью  $1 \text{ м/с}$ . Расстояние между пластинами не изменяется и много меньше средней длины свободного пробега молекул. Определить силу внутреннего трения, действующую на поверхность пластин площадью  $1 \text{ м}^2$ .

**315.** Динамическая вязкость аргона при нормальных условиях  $\eta = 22 \text{ мкПа}\cdot\text{с}$ . Вычислить длину свободного пробега  $l$  молекулы аргона и коэффициент диффузии  $D$  аргона при нормальных условиях.

**316.** Два однородных диска, каждый радиусом  $0,3 \text{ м}$ , расположены друг над другом так, что их оси совпадают. Верхний диск неподвижен, а нижний вращается с угловой скоростью  $126 \text{ рад/с}$ . Расстояние между плоскостями дисков –  $5 \text{ мм}$ . Динамическая вязкость воздуха  $\eta = 17 \text{ мкПа}\cdot\text{с}$ . Найти момент сил трения  $M$ , действующий на верхний диск. Краевыми эффектами пренебречь.

**317.** Вычислить теплопроводность гелия при нормальных условиях.

**318.** Пространство между двумя большими параллельными пластинами, расстояние между которыми равно  $5 \text{ мм}$ , заполнено гелием. Температура  $T_1$  одной пластины поддерживается равной  $290 \text{ К}$ , другой –  $T_2 = 310 \text{ К}$ . Вычислить плотность теплового потока. Расчеты выполнить для двух случаев, когда давление равно: 1)  $0,1 \text{ МПа}$ ; 2)  $1 \text{ МПа}$ .

**319.** Водород находится при нормальных условиях и занимает объем  $V = 1 \text{ см}^3$ . Определить число молекул  $N$  в этом объеме, обладающих скоростями, меньшими некоторого значения  $v_{max} = 1 \text{ м/с}$ .

**320.** Найти относительное число  $\omega$  молекул идеального газа, кинетические энергии которых отличаются от наиболее вероятного значения  $\epsilon_\epsilon$  энергии не более чем на  $1\%$ .

**321.** При нагревании двухатомного газа, объем которого остается неизменным (40 л), его давление изменилось на 0,3 МПа. Найти: а) количество теплоты, сообщенное газу; б) приращение внутренней энергии газа; в) совершенную газом работу. Молекулы газа считать жесткими.

**322.** Одноатомный газ был нагрет при постоянном давлении 90 кПа. В результате его объем увеличился на  $2 \text{ м}^3$ . Найти: 1) совершенную газом работу; 2) приращение внутренней энергии газа; 3) количество теплоты, сообщенное газу.

**323.** Разность удельных теплоемкостей  $c_p - c_V$  некоторого двухатомного газа равна  $260 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . Найти молярную массу  $\mu$  газа и его удельные теплоемкости  $c_V$  и  $c_p$ .

**324.** Каковы удельные теплоемкости  $c_V$  и  $c_p$  смеси газов, содержащей кислород массой 10 г и азот массой 20 г?

**325.** В баллоне находятся аргон и азот. Определить удельную теплоемкость  $c_V$  смеси этих газов, если массовые доли аргона и азота одинаковы и равны 0,5.

**326.** Смесь газов состоит из хлора и криптона, взятых при одинаковых условиях и в равных объемах. Определить удельную теплоемкость  $c_p$  смеси.

**327.** Найти показатель адиабаты  $\gamma$  для смеси газов, содержащей гелий массой 10 г и водород массой 4 г.

**328.** Смесь газов состоит из аргона и азота, взятых при одинаковых условиях и в одинаковых объемах. Определить показатель адиабаты  $\gamma$  такой смеси.

**329.** Азот массой 5 кг, нагретый на  $\Delta T = 150 \text{ К}$ , сохранил неизменный объем. Найти: 1) количество теплоты, сообщенное газу; 2) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии; 3) совершенную газом работу  $A$ .

**330.** Водород занимает объем  $V_1 = 10 \text{ м}^3$  при давлении  $p_1 = 100 \text{ кПа}$ . Газ нагрели при постоянном объеме до давления  $p_2 = 300 \text{ кПа}$ . Определить: 1) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии; 2) работу  $A$ , совершаемую газом; 3) количество теплоты, сообщенное газу.

**331.** При изохорическом нагревании кислорода объемом 50 л давление газа изменилось на  $\Delta p = 0,5 \text{ МПа}$ . Найти количество теплоты, сообщенное газу.



**332.** Баллон объемом 20 л содержит водород при температуре 300 К под давлением 0,4 МПа. Каковы будут температура и давление, если газу сообщить количество теплоты  $Q = 6$  кДж?

**333.** Кислород при неизменном давлении 80 кПа нагревается. Его объем увеличивается от  $1 \text{ м}^3$  до  $3 \text{ м}^3$ . Определить: 1) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии кислорода; 2) работу  $A$ , совершаемую им при расширении; 3) количество теплоты, сообщенное газу.

**334.** Азот нагревался при постоянном давлении, причем ему было сообщено количество теплоты  $Q = 21$  кДж. Определить работу  $A$ , которую совершил при этом газ, и изменение  $\Delta U$  его внутренней энергии.

**335.** Кислород массой 2 кг занимает объем  $1 \text{ м}^3$  и находится под давлением 0,2 МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема  $3 \text{ м}^3$ , а затем при постоянном объеме до давления 0,5 МПа. Найти: 1) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа; 2) совершенную им работу  $A$ ; 3) количество теплоты, переданное газу. Построить график процесса.

**336.** Гелий массой 1 г был нагрет на  $\Delta T = 100$  К при постоянном давлении  $p$ . Определить: 1) количество теплоты  $Q$ , переданное газу; 2) работу  $A$  расширения; 3) приращение  $\Delta U$  внутренней энергии газа.

**337.** Водород массой 4 г был нагрет на  $\Delta T = 10$  К при постоянном давлении. Определить работу  $A$  расширения газа.

**338.** Какая доля  $\omega_1$  количества теплоты  $Q_1$ , подводимого к идеальному газу при изобарическом процессе, расходуется на увеличение  $\Delta U$  внутренней энергии газа и какая доля  $\omega_2$  – на работу  $A$  расширения? Рассмотреть три случая, если газ: 1) одноатомный; 2) двухатомный; 3) многоатомный.

**339.** На нагревание кислорода массой 160 г на  $\Delta T = 12$  К было затрачено количество теплоты, равное 1,76 кДж. Как протекал процесс: при постоянном объеме или постоянном давлении?

**340.** Три литра кислорода находятся под давлением 0,15 МПа. Какое количество теплоты надо сообщить кислороду, чтобы: а) при постоянном объеме вдвое увеличить давление; б) при постоянном давлении вдвое увеличить объем?

**341.** Двухатомный газ массой 6,5 молей при температуре 300 К расширяется за счет притока теплоты извне вдвое ( $p = \text{const}$ ). Найти: 1) коли-

чество теплоты, полученное газом; 2) приращение внутренней энергии газа; 3) работу, совершенную газом при расширении.

**342.** Азот массой 5 г нагревается от 20 °С при постоянном давлении 150 кПа. После нагревания объем газа оказался равным  $V_2 = 12$  л. Найти: 1) количество теплоты, полученное азотом; 2) работу, совершенную газом; 3) приращение внутренней энергии.

**343.** При изобарическом расширении двухатомного газа была совершена работа  $A = 16,2$  кДж. Найти количество теплоты, сообщенное газу.

**344.** В закрытом сосуде находится водород массой  $m_1 = 12$  г и азот массой  $m_2 = 2$  г. Найти приращение внутренней энергии этой смеси при изменении ее температуры на 56 К.

**345.** Сто молей газа нагреваются изобарически от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2$ . При этом газ получает количество теплоты 0,28 МДж и совершает работу  $A = 80$  кДж. Найти: 1) приращение внутренней энергии газа; 2)  $\gamma = C_p / C_v$ ; 3)  $\Delta T = T_2 - T_1$ .

**346.** Один моль газа расширяется изотермически при температуре 300 К, причем его объем увеличивается в три раза. Найти: 1) приращение внутренней энергии газа; 2) совершенную газом работу; 3) количество теплоты, сообщенное газу.

**347.** Кислород массой 0,32 кг нагрели на  $\Delta T = 100$  К, сообщив ему количество теплоты в 30 кДж. Найти приращение внутренней энергии кислорода и совершенную им работу.

**348.** Один моль газа изотермически расширяется при температуре 300 К. При этом газом совершается работа  $A = 2$  кДж. Определить, во сколько раз изменяется объем газа при его расширении.

**349.** Какая работа совершается при изотермическом расширении водорода массой 5 г, взятого при температуре 290 К, если объем газа увеличивается в три раза?

**350.** Азот массой 200 г расширяется изотермически при температуре 280 К, причем объем газа увеличивается в два раза. Найти: 1) приращение  $\Delta U$  внутренней энергии газа; 2) совершенную при расширении газа работу  $A$ ; 3) количество теплоты  $Q$ , полученное газом.

**351.** В цилиндре под поршнем находится азот массой 0,6 кг, занимающий объем  $V_1 = 1,2$  м<sup>3</sup> при температуре 560 К. В результате подвода теплоты газ расширился и занял объем  $V_2 = 4,2$  м<sup>3</sup>, причем температура ос-

талась неизменной. Найти: 1) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа; 2) совершенную им работу  $A$ ; 3) количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу.

**352.** Водород массой 10 г нагрели на  $\Delta T = 200$  К, причем газу было передано количество теплоты, равное 40 кДж. Найти изменение  $\Delta U$  внутренней энергии водорода массой 1 г, имевшего температуру 280 К. Объем газа увеличился в три раза. Определить работу  $A$  расширения газа.

**353.** Азот, занимавший объем  $V_1 = 10$  л под давлением  $p_1 = 0,2$  МПа, изотермически расширился до объема  $V_2 = 28$  л. Определить работу  $A$  расширения газа.

**354.** При изотермическом расширении кислорода, содержавшего количество вещества 1 моль и имевшего температуру 300 К, газу было передано количество теплоты 2 кДж. Во сколько раз увеличился объем газа?

**355.** Какое количество теплоты выделится, если азот массой 1 г, взятый при температуре 280 К под давлением  $p_1 = 0,1$  МПа, изотермически сжать до давления  $p_2 = 1$  МПа?

**356.** Автомобильная шина накачана до давления  $p_1 = 220$  кПа при температуре  $T_1 = 290$  К. Во время движения она нагрелась до температуры  $T_2 = 330$  К и лопнула. Считая процесс, происходящий после повреждения шины, адиабатическим, определить изменение температуры вышедшего из нее воздуха. Внешнее давление воздуха равно 100 кПа.

**357.** При адиабатическом сжатии кислорода массой 1 кг совершена работа  $A = 100$  кДж. Определить конечную температуру  $T_2$  газа, если до сжатия кислород находился при температуре  $T_1 = 300$  К.

**358.** Один моль двухатомного газа, находящегося при нормальных условиях, сжимается до объема  $V_2 = 5,6$  л. Найти температуру газа  $T_2$  после сжатия и работу сжатия, если: 1) газ сжимается изотермически; 2) газ сжимается адиабатически.

**359.** В результате адиабатического расширения некоторого количества двухатомного газа его давление падает вдвое. Определить, во сколько раз  $N$  возрастает средняя длина свободного пробега молекул этого газа.

**360.** Газ расширяется адиабатически так, что его давление падает от 600 до 300 кПа. Потом газ нагревается при постоянном объеме до первоначальной температуры. При этом его давление возрастает до 360 кПа. Найти для этого газа  $\gamma = C_p / C_V$ .

**361.** Из резинового шнура длиной 42 см и радиусом 3 мм сделана рогатка. Мальчик, стреляя из рогатки, растянул резиновый шнур на 20 см. Найти, чему равен модуль Юнга для этой резины, если известно, что камень весом 0,02 кг, пущенный из рогатки, полетел со скоростью 20 м/с. Изменением сечения шнура при растяжении пренебречь.

**362.** К стальной проволоке радиусом 1 мм подвешен груз в 981 Н. На какой наибольший угол можно отклонить проволоку с грузом, чтобы она не разорвалась при прохождении этим грузом положения равновесия?

**363.** С крыши дома свешивается стальная проволока длиной 40 м и диаметром 2 мм. 1. Какой наибольший груз можно подвесить к этой проволоке, чтобы она не разорвалась? 2. На сколько удлинится эта проволока, если на ней повиснет человек весом в 70 кг? 3. Будет ли наблюдаться остаточная деформация, когда человек отпустит проволоку? Предел упругости стали считать равным  $2,94 \cdot 10^8$  Па.

**364.** Какую длину должны иметь при  $0^\circ\text{C}$  стальной и медный стержни, чтобы при любой температуре стальной стержень был длиннее медного на 5 см?

**365.** При нагревании некоторого металла от 0 до  $500^\circ\text{C}$  его плотность уменьшается в 1,027 раза. Найти для этого металла коэффициент линейного теплового расширения, считая его постоянным в данном интервале температур.

**366.** Медная проволока натянута горячей при температуре  $150^\circ\text{C}$  между двумя прочными неподвижными стенками. При какой температуре, остывая, разорвется проволока? Считать, что закон Гука справедлив вплоть до разрыва проволоки.

**367.** Какие силы надо приложить к концам стального стержня с площадью поперечного сечения  $S = 10 \text{ см}^2$ , чтобы не дать ему расширяться при нагревании от  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 30^\circ\text{C}$ ?

**368.** На плите стоит алюминиевая кастрюля диаметром 15 см, наполненная водой. Вода кипит, и при этом в каждую минуту образуется 300 г водяного пара. Найти температуру внешней поверхности дна кастрюли, если толщина его 2 мм. Тепловыми потерями пренебречь.

**369.** Один конец железного стержня поддерживается при температуре  $100^\circ\text{C}$ , другой упирается в лед. Длина стержня 14 см, площадь поперечного сечения –  $2 \text{ см}^2$ . Стержень теплоизолирован так, что потерями тепла че-

рез стенки можно пренебречь. Найти: 1) скорость протекания тепла вдоль стержня, 2) какое количество льда растает за 40 мин.

**370.** Какое количество тепла теряет в одну минуту комната с площадью пола  $4 \times 5$  м и высотой 3 м через четыре кирпичные стены? Температура в комнате  $t_1 = 15$  °С, внешняя температура  $t_2 = -20$  °С. Коэффициент теплопроводности кирпича  $0,836$  Вт/м·К, толщина стен – 50 см. Потерями тепла через пол и потолок пренебречь.

**371.** Наружная поверхность стены имеет температуру  $t_1 = -20$  °С, внутренняя – температуру  $t_2 = +20$  °С. Толщина стены 40 см. Найти коэффициент теплопроводности материала стены, если через каждый  $1$  м<sup>2</sup> ее поверхности за 1 ч проходит  $4,59 \cdot 10^5$  Дж.

**372.** Свинцовая пуля, летящая со скоростью 400 м/с, ударяется о стенку и входит в нее. Считая, что 10 % кинетической энергии пули идет на ее нагревание, найти, на сколько градусов нагрелась пуля. Удельную теплоемкость свинца найти по закону Дюлонга и Пти.

**373.** Пользуясь законом Дюлонга и Пти, найти удельную теплоемкость: 1) меди, 2) железа, 3) алюминия.

**374.** Температура плавления олова при давлении в  $10^5$  Па равна  $231,9$  °С, а при давлении в  $10^7$  Па она равна  $232,2$  °С. Плотность жидкого олова  $7,0$  г/см<sup>3</sup>. Найти увеличение энтропии при плавлении 1 кмоль олова.

**375.** На какую высоту  $h$  поднимается вода между двумя параллельными друг другу стеклянными пластинками, если расстояние  $d$  между ними равно 0,2 мм?

**376.** Капиллярная трубка диаметром  $d = 0,5$  мм наполнена водой. На нижнем конце трубки вода повисла в виде капли. Эту каплю можно принять за часть сферы радиусом  $r = 3$  мм. Найти высоту  $h$  столбика воды в трубке.

**377.** Разность  $\Delta h$  уровней жидкости в коленах U-образной трубки равна 23 мм. Диаметры  $d_1$  и  $d_2$  каналов в коленах трубки равны соответственно 2 и 0,4 мм. Плотность  $\rho$  жидкости равна  $0,8$  г/см<sup>3</sup>. Определить поверхностное натяжение  $\sigma$  жидкости.

**378.** Глицерин поднялся в капиллярной трубке на высоту  $h = 20$  мм. Определить поверхностное натяжение  $\sigma$  глицерина, если диаметр  $d$  канала трубки равен 1 мм.

**379.** Покровное стеклышко для микроскопа имеет вид круга диаметром  $d = 16$  мм. На него нанесли воду массой  $m = 0,1$  г и наложили другое такое же стеклышко; в результате оба стеклышка слиплись. С какой силой  $F$ , перпендикулярной поверхностям стеклышек, надо растягивать их, чтобы разъединить? Считать, что вода полностью смачивает стекло и поэтому меньший радиус  $r$  кривизны боковой поверхности водяного слоя равен половине расстояния  $d$  между стеклышками.

**380.** На сколько давление  $p$  воздуха внутри мыльного пузыря больше атмосферного давления  $p_0$ , если диаметр пузыря  $d = 5$  мм?

**381.** Воздушный пузырек диаметром  $d = 2$  мкм находится в воде у самой ее поверхности. Определить плотность  $\rho$  воздуха в пузырьке, если воздух над поверхностью воды находится при нормальных условиях.

**382.** Какую работу  $A$  нужно совершить, чтобы, выдувая мыльный пузырь, увеличить его диаметр от  $d_1 = 1$  см до  $d_2 = 11$  см? Считать процесс изотермическим.

**383.** Масса  $m$  100 капель спирта, вытекающего из капилляра, равна 0,71 г. Определить поверхностное натяжение  $\sigma$  спирта, если диаметр  $d$  шейки капли в момент отрыва равен 1 мм.

**384.** Азот массой 14 г адиабатически расширяется в вакуум от объема  $1,2$  м<sup>3</sup> до объема  $2,4$  м<sup>3</sup>. Найти понижение температуры азота при этом расширении.

**385.** Определить давление, при котором должен находиться 1 кмоль азота, чтобы при температуре 300 К он занимал объем  $1,2$  м<sup>3</sup>. Критические параметры для азота:  $T_{кр} = 127$  К,  $p_{кр} = 3,3$  МПа.

**386.** При какой температуре  $T$  1 кмоль кислорода будет занимать объем  $0,80$  м<sup>3</sup>, если его давление 3 МПа? Критические параметры для кислорода:  $T_{кр} = 154$  К,  $p_{кр} = 5$  МПа.

**387.** Определить критическую плотность  $\rho_{кр}$  гелия, если  $T_{кр} = 5,2$  К,  $p_{кр} = 0,227$  МПа.

**388.** Определить критические параметры  $T_{кр}$ ,  $p_{кр}$ ,  $V_{кр}$  для 1 кмоль углекислого газа.

**389.** Определить критическую плотность  $\rho_{кр}$  воды, если постоянная Ван-дер-Ваальса для воды  $b = 0,03$  м<sup>3</sup>/кмоль.

**390.** Критические параметры для воды имеют следующие значения:  $T_{кр} = 647$  К,  $p_{кр} = 22$  МПа. Используя эти данные, вычислить для воды постоянные Ван-дер-Ваальса  $a$  и  $b$ .

**391.** Найти давление, при котором должен находиться 1 кмоль азота, чтобы при температуре 300 К он занимал объем  $1,2$  м<sup>3</sup>.

**392.** В баллоне объемом 3 л находится кислород массой 0,48 кг при температуре 300 К. Определить давление кислорода: 1) по уравнению Ван-дер-Ваальса; 2) по уравнению Менделеева – Клапейрона.

**393.** В баллоне объемом 30 л находится азот массой 0,6 кг. Найти: 1) собственный объем молекул азота; 2) внутреннее давление азота.

**394.** Определить давление водяного пара массой 1 кг, взятого при температуре 380 К и объеме: 1) 1000 л; 2) 10 л; 3) 2 л.

**395.** Давление кислорода равно 7 МПа, его плотность –  $100$  кг/м<sup>3</sup>. Найти температуру кислорода.

**396.** Внутреннюю полость толстостенного стального баллона наполовину заполнили водой при комнатной температуре. После этого баллон герметически закупорили и нагрели до температуры 650 К. Определить давление водяного пара в баллоне при этой температуре.

**397.** Криптон, содержащий количество вещества 1 моль, находится при температуре 300 К. Определить относительную погрешность  $\varepsilon = \Delta p/p$ , которая будет допущена при вычислении давления, если вместо уравнения Ван-дер-Ваальса воспользоваться уравнением Менделеева – Клапейрона. Вычисления выполнить для двух значений объема: 1) 2 л; 2) 0,2 л.

**398.** В сосуде вместимостью 0,3 л находится углекислый газ, содержащий количество вещества 1 моль при температуре 300 К. Определить давление газа: 1) по уравнению Менделеева – Клапейрона; 2) по уравнению Ван-дер-Ваальса.

**399.** Определить давление, которое будет производить кислород, содержащий количество вещества 1 моль, если он занимает объем 0,5 л при температуре 300 К. Сравнить полученный результат с давлением, вычисленным по уравнению Менделеева – Клапейрона.

**400.** В сосуде вместимостью 10 л находится азот массой 0,25 кг. Определить: 1) внутреннее давление газа; 2) собственный объем молекул.