

II. Динамика

11. Законы Ньютона

11.1 Под действием силы $F_1 = 20$ Н тело движется с ускорением $a_1 = 0,4$ м/с². С каким ускорением a_2 будет двигаться это тело под действием силы $F_2 = 50$ Н?

11.2 Порожний грузовой автомобиль массой $m_1 = 4$ т движется с ускорением $a_1 = 0,3$ м/с². Какова масса m_2 груза, принятого автомобилем, если при той же силе тяги он движется с ускорением $a_2 = 0,2$ м/с²?

11.3 Санки скатываются с нулевой начальной скоростью с ледяной горки, имеющей вид наклонной плоскости длиной $l = 10$ м, за время $T = 2$ с. Найдите угол α наклона горки к горизонту. Трением пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

11.4 Найдите величину a ускорения тела, соскальзывающего по гладкой наклонной плоскости, если ее длина в $n = 2$ раза больше ее высоты. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

11.5 Брусок соскользнул без трения из состояния покоя с наклонной плоскости длиной $l = 2$ м, угол наклона которой к горизонту $\alpha = 30^\circ$. Какова величина v скорости бруска в нижней точке плоскости? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

11.6 Доска массой m_1 может двигаться без трения по наклонной плоскости. Угол наклона плоскости к горизонту α . С каким ускорением a должна бежать по доске собака массой m_2 , чтобы доска не соскальзывала с наклонной плоскости? Ускорение свободного падения g .

11.7 Два рыбака тянут к берегу лодку, действуя на нее с постоянными силами. Если бы ее тянул первый рыбак, она подошла бы к берегу со скоростью $v_1 = 0,3$ м/с, а если бы тянул только второй - со скоростью $v_2 = 0,4$ м/с. С какой скоростью v подойдет лодка к берегу, когда ее тянут оба рыбака? (Сопротивление воды не учитывать.) Во всех трех случаях лодка проходит одинаковый путь в направлении действия сил.

12. Закон всемирного тяготения

12.1 На какой высоте H над поверхностью Земли ускорение свободного падения вдвое меньше ускорения свободного падения вблизи поверхности Земли? Радиус Земли $R = 6,4 \cdot 10^3$ км.

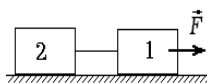
12.2 Найдите ускорение свободного падения g_M вблизи поверхности планеты Марс. Масса Марса $M = 6,4 \cdot 10^{23}$ кг, его радиус $R = 3390$ км, гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

12.3 Радиус Луны приблизительно в $n = 3,7$ раза меньше радиуса Земли, а ее масса в $k = 81$ раз меньше массы Земли. Найдите ускорение g_L свободного падения у поверхности Луны. Ускорение свободного падения у поверхности Земли $g = 10$ м/с².

13. Силы упругости

13.1 Два тела массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 4$ кг, соединенные нитью, лежат на гладком горизонтальном столе. С каким ускорением a будут двигаться тела, если к одному из них приложить силу $F = 10$ Н, направленную горизонтально вдоль нити? Найдите силу натяжения T_1 нити, если силу в 10 Н приложить к первому из них и T_2 , если ко второму.

13.2 Грузы 1 и 2, массы которых неизвестны, находятся на гладкой горизонтальной плоскости. Если сила $F = 100$ Н приложена к грузу 1, сила натяжения нити $T_1 = 30$ Н. Какой будет сила T_2 натяжения нити, если силу $-F$ приложить к грузу 2?



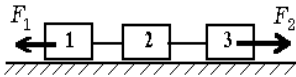
13.3 Два тела, суммарная масса которых $m = 1,6$ кг, связаны нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности. Если приложить вдоль нити силу величиной F к первому телу, то величина силы натяжения нити $T_1 = 2$ Н. Если приложить такую же по величине, но противоположно направленную силу ко второму телу, то величина силы натяжения станет равной $T_2 = 6$ Н. Определите массы m_1 и m_2 тел.

13.4 Два тела массами $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 3$ кг связаны нитью и находятся на гладкой горизонтальной поверхности. К первому телу приложена сила $F_1 = 80$ Н, направленная вдоль нити, а ко второму телу - сила

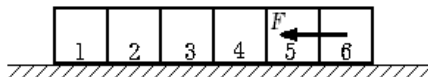
$F_2 = 100$ Н, направленная в противоположную сторону. Определите величину T силы натяжения нити.

13.5 Два тела массами $m_1 = 0,05$ кг и $m_2 = 0,1$ кг связаны нитью и находятся на гладкой горизонтальной поверхности. Если приложить вдоль нити силу, величина которой больше $F_1 = 7,5$ Н, к первому телу, то нить оборвется. Какую минимальную по величине силу F_2 следует приложить вдоль нити ко второму телу (в отсутствии силы F_1), чтобы нить оборвалась?

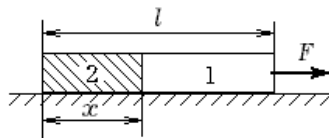
13.6 Три тела связаны нитями и лежат на гладкой горизонтальной поверхности. К телу массы m_1 приложена сила F_1 , направленная вдоль нити, а к телу массы m_3 сила F_2 ($F_2 > F_1$) направленная в противоположную сторону. Найдите величину T силы натяжения нити между телами с массами m_1 и m_2 .



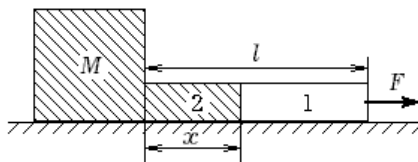
13.7 На гладком горизонтальном столе лежат шесть одинаковых кубиков. Постоянная сила $F = 9,9$ Н действует на шестой кубик в направлении, указанном стрелкой. Найдите результирующую силу \vec{F}_i , действующую на каждый кубик. С какой силой \vec{F}_{23} третий кубик действует на второй?



13.8 Однородный стержень длиной l движется под действием постоянной горизонтальной силы \vec{F} по гладкой горизонтальной плоскости. Найдите величину T силы натяжения, с которой часть стержня 2 длины x действует на часть стержня 1. Изобразите на графике полученную зависимость $T(x)$.



13.9 Однородная нить, масса которой m и длина l , движется под действием постоянной горизонтальной силы \vec{F} по гладкой горизонтальной плоскости. К нити прикреплено тело (на рис. кубик), масса которого M . Найдите величину



T силы натяжения, с которой часть 2 нити длиной x вместе с телом M действует на часть 1 нити. Изобразите на графике полученную зависимость $T(x)$. Рассмотрите случай $M \gg m$ (легкая нить). Убедитесь в том, что в легкой нити натяжение распределено однородно.

13.10 На однородный стержень, находящийся на гладкой горизонтальной плоскости, действуют две силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , приложенные к его концам и направленные вдоль стержня в противоположные стороны. Длина стержня l . Считая, что $F_1 > F_2$, найдите величину T силы натяжения стержня в сечении, находящемся на расстоянии x от конца, к которому приложена сила \vec{F}_1 .

13.11 К двум концам пружинного динамометра привязали по отрезку легкой веревки. Два человека тянут свободные концы веревок в противоположные стороны с силой $F = 50$ Н каждый. Найдите показание T динамометра.

13.12 Бетонную плиту массой $m = 500$ кг подъемный кран равноускоренно поднимает вертикально вверх с ускорением $a = 0,6$ м/с². Найдите величину T силы натяжения троса, на котором подвешена плита. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

13.13. Прочность веревки такова, что с ее помощью можно равноускоренно поднимать груз массой $m_1 = 160$ кг или с таким же по величине ускорением опускать груз массой $m_2 = 640$ кг. Какова максимальная масса m груза, который можно поднимать (или опускать) на веревке равномерно?

13.14 К грузу A массой $m_A = 7$ кг подвешен на веревке груз B массой $m_B = 5$ кг. Масса веревки $m = 4$ кг. К грузу A приложена направленная вертикально вверх сила $F = 240$ Н. Найдите силы натяжения T_1 в верхнем конце и T_2 в середине веревки. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

13.15 Тело массой $m = 100$ кг лежит на полу движущегося вертикально вниз (вверх) лифта. Вес тела $P = 1200$ Н. Найдите величину a вектора ускорения лифта и укажите направление этого вектора. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

13.16 а) Однородный брусок висит на нити. Нить разрезают. У каких частиц бруска будет большее ускорение в начальный момент времени: у верхних или у нижних?

б) Однородный брусок лежит на горизонтальной подставке. Подставку внезапно убирают. У каких частиц бруска будет большее ускорение в начальный момент времени: у верхних или у нижних?

13.17 В лифте установлен бак с водой. Высота уровня воды относительно дна бака $H = 1$ м. Определите давление P воды на дно бака, если лифт движется вверх замедленно с ускорением $a = 2$ м/с². Плотность воды, ускорение свободного падения и атмосферное давление равны соответственно $\rho = 10^3$ кг/м³, $g = 10$ м/с², $P_0 = 10^5$ Па.

13.18 В течение непродолжительного времени, когда космический корабль совершает маневр по переходу с одной орбиты на другую, его двигатели развивают постоянную силу тяги $F = 1$ кН. Найдите вес P космонавта, находящегося в корабле, во время маневра. Масса космического корабля $m_1 = 5$ т. Изменение массы космического корабля за время маневра мало. Масса космонавта $m_2 = 80$ кг.

13.19 Гоночный автомобиль разгоняется в горизонтальном направлении с ускорением по величине равным $3g/4$. Какова величина F результирующей силы, с которой гонщик массой $m = 70$ кг действует при этом на кресло? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

14. Сила Архимеда

14.1 На какую глубину h погрузится тело при свободном падении в воду с высоты H и сколько времени T оно пробудет под водой? Трение тела о воздух и воду не учитывать. Плотность воды ρ_1 , плотность тела $\rho_2 < \rho_1$. Ускорение свободного падения g . Скорость тела при входе в воду не изменяется.

14.2 В сосуде с идеальной жидкостью падает с нулевой начальной скоростью шарик, плотность которого в 4 раза больше плотности жидкости. Другой шарик всплывает со дна этого сосуда за время, в 2 раза большее времени падения первого шарика. Во сколько n раз плотность всплывающего шарика меньше плотности жидкости?

15. Силы сухого трения

15.1 Спортсмен массой $m = 65$ кг, прыгая с вышки высотой $H = 10$ м, входит в воду со скоростью $v = 13$ м/с. Найдите силу F сопротивления воздуха, считая ее постоянной. Спортсмен в полете движется по

вертикали с нулевой начальной скоростью. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.2 На некотором участке прямолинейной горизонтальной траектории движение автомобиля описывается уравнением

$$\Delta x = 2t + 0,49t^2,$$

где Δx выражено в метрах, t - в секундах. Определите силу тяги F , действующую на автомобиль, если сила сопротивления составляет 0,01 веса автомобиля, а его масса равна 3000 кг. Ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

15.3 Шофер автомобиля, движущегося со скоростью $v_0 = 72 \text{ км/ч}$, резко затормозил. Через какое время T автомобиль остановится, если коэффициент трения скольжения $\mu = 0,6$? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.4 При каком минимальном коэффициенте трения скольжения μ автомобиль, движущийся со скоростью $v_0 = 20 \text{ м/с}$, может быть остановлен вследствие торможения на горизонтальном участке длиной $l = 25 \text{ м}$? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.5 Коэффициент трения скольжения шин автомобиля по асфальту в $n = 9$ раз больше, чем по льду. Во сколько k раз нужно уменьшить начальную скорость автомобиля, чтобы тормозной путь на покрытом льдом участке был равен тормозному пути на асфальте?

15.6 На горизонтальной плоскости покоится тело массой $m = 4 \text{ кг}$. Через $\tau = 3 \text{ с}$ после начала действия постоянной по величине и направлению горизонтальной силы \vec{F} скорость тела достигла величины $v = 0,6 \text{ м/с}$. Найдите величину F силы, если коэффициент трения скольжения тела по плоскости $\mu = 0,2$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.7 На первоначально покоящееся на шероховатой горизонтальной плоскости тело массой $m = 2 \text{ кг}$ действует в течение $\tau = 3 \text{ с}$ горизонтальная сила $F = 10 \text{ Н}$. Какой путь s пройдет тело за все время движения до остановки? Коэффициент трения скольжения $\mu = 0,2$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.8 Тело массой $m = 5$ кг движется по горизонтальной плоскости с нулевой начальной скоростью под действием горизонтальной силы $F = 20$ Н в течение $T_1 = 10$ с. Коэффициент трения скольжения тела по плоскости $\mu = 0,1$. Через какое время T_2 после прекращения действия силы тело остановится? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

15.9 К телу, первоначально покоившемуся на шероховатой горизонтальной плоскости, в течение времени $t_1 = 10$ с прикладывают постоянную горизонтальную силу величиной $F = 5$ Н. После прекращения действия силы тело движется до остановки в течение времени $t_2 = 40$ с. Определите величину $F_{тр}$ силы трения скольжения, считая ее постоянной.

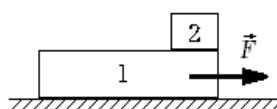
15.10 Санки массой $m = 5$ кг в течение $T = 5$ с тянули, действуя горизонтальной силой $F = 20$ Н. Коэффициент трения скольжения санок по горизонтальной дороге $\mu = 0,3$. Какое расстояние s пройдут санки после прекращения действия силы до полной остановки? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Санки первоначально покоились.

15.11 Брусок массой $m = 2$ кг находится на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения скольжения бруска по поверхности $\mu = 0,2$. Изобразите графически зависимость силы трения $F_{тр}$ от внешней горизонтальной силы F , приложенной к бруску. Явлением застоя пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

15.12 Под действием горизонтальной силы $F = 11$ Н брусок массой $m = 2$ кг движется по горизонтальной плоскости с ускорением $a = 3$ м/с². Какой минимальной по величине горизонтальной силой F_0 следует подействовать на брусок, чтобы сдвинуть его с места?

15.13 Тело массой $m = 1$ кг лежит на горизонтальной плоскости. Коэффициент трения $\mu = 0,1$. На тело действует горизонтальная сила \vec{F} . Определите силу трения $F_{тр}$ для двух случаев $F_1 = 0,5$ Н и $F_2 = 2$ Н. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

15.14 Брусок 1 массой m_1 находится на гладкой горизонтальной плоскости. На бруске лежит тело 2 массой m_2 . Коэффициент трения между телом и бруском μ . При какой величине F силы, приложенной к бруску в горизонтальном направлении, тело начнет скользить по бруску? Ускорение свободного падения g .



15.15 К санкам массой $m = (10 \cdot \sqrt{3} + 1)$ кг, покоящимся на горизонтальной плоскости, приложили силу \vec{F} , составляющую с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Вычислите минимальную величину этой силы, достаточную для начала движения санок. Коэффициент трения скольжения $\mu = 0,1$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.16 Санки массой $m = 110$ кг скользят по горизонтальной плоскости под действием силы $F = 200 \cdot \sqrt{2}$ Н, вектор которой составляет с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Найдите величину a ускорения санок, если коэффициент трения скольжения санок по плоскости $\mu = 0,1$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.17 К покоившимся на горизонтальной плоскости санкам массой $m = 22$ кг приложили силу $F = 10 \sqrt{3}$ Н, вектор которой составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Найдите величину a ускорения санок, если коэффициент трения скольжения санок по плоскости $\mu = \sqrt{3}/10$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.18 Санки массой $m = 22$ кг скользят по горизонтальной плоскости под действием силы $F = (80/\sqrt{3})$ Н, вектор которой составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Найдите величину a ускорения санок, если коэффициент трения скольжения санок по плоскости $\mu = 0,1 \cdot \sqrt{3}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.19 К санкам массой $m = 110$ кг, покоившимся на горизонтальной плоскости, приложили силу величиной $F = 100$ Н, вектор которой составляет с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Какова величина a ускорения санок, если коэффициент трения скольжения санок по плоскости $\mu = 0,1$? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.20 К телу массой m , покоящемуся на горизонтальной плоскости, прикладывают силу величиной F , направленную вниз под углом α к горизонту. Коэффициент трения скольжения тела по плоскости μ . Найдите величину a ускорения тела. Ускорение свободного падения g .

15.21 Для равномерного движения санок массой $m = 80$ кг по горизонтальной плоскости к санкам приложили силу величиной $F = 100$ Н под уг-

лом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Вычислите коэффициент трения скольжения μ санок по плоскости. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.22 Чтобы тянуть сани с постоянной скоростью по горизонтальной дороге, следует прикладывать силу величиной $F_1 = 490 \text{ Н}$ под углом $\alpha_1 = 60^\circ$ к горизонту или силу величиной $F_2 = 330 \text{ Н}$ под углом $\alpha_2 = 30^\circ$. Определите массу m саней. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.23 Найдите величину a ускорения тела, соскальзывающего по наклонной плоскости с нулевой начальной скоростью. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения скольжения тела по плоскости $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.24 Шайба скользит вниз по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом, с постоянным ускорением величиной $a = 5 \text{ м/с}^2$. Найдите коэффициент трения скольжения μ шайбы по плоскости. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.25 Тело скользит вверх по наклонной плоскости с ускорением по величине равным $a = 7 \text{ м/с}^2$. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$. Найдите коэффициент трения скольжения μ тела по плоскости. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.26 Лыжник, идущий по горизонтальной лыжне со скоростью $v = 8 \text{ м/с}$, достигает подножья горы, склон которой составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, а затем проезжает по инерции вверх по склону путь $s = 4,8 \text{ м}$ и останавливается. Чему равен коэффициент трения скольжения μ лыж по склону? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.27 На наклонной плоскости с углом наклона α к горизонту, на расстоянии s от вершины находится небольшой брусок. Коэффициент трения скольжения бруска по плоскости μ . Какую минимальную по величине начальную скорость v_0 следует сообщить бруску, чтобы он "добрался" до вершины? Ускорение свободного падения g .

15.28 Сани съезжают с горки длиной $L = 50 \text{ м}$ за $T = 5 \text{ с}$. Найдите коэффициент трения скольжения μ саней по поверхности горки. Поверхность горки составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Начальная скорость саней равна нулю.

15.29 Ледяная горка составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. По ней снизу вверх пускают шайбу, которая за $t_1 = 2$ с проходит расстояние $s = 16$ м, после чего останавливается и скользит вниз. Каков коэффициент трения скольжения μ шайбы по льду? Сколько времени t_2 длится соскальзывание? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.30 Ледяная горка составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Шайба, пущенная вверх по горке, поднимается по ней и затем соскальзывает вниз по тому же самому пути. Найдите коэффициент трения скольжения μ шайбы по льду, если время спуска на $\delta t = 10\%$ больше времени подъема?

15.31 Найдите время T , за которое тело с нулевой начальной скоростью спустится с наклонной плоскости высотой $h = 26$ см с углом наклона $\beta = 60^\circ$, если по наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 45^\circ$ и тем же коэффициентом трения скольжения оно движется равномерно. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

15.32 Через какое время T скорость тела, которому сообщили направленную вверх по наклонной плоскости скорость v , снова будет равна v ? Коэффициент трения скольжения тела по плоскости μ , наклонная плоскость образует с горизонтом угол α такой, что $\text{tg } \alpha > \mu$. Ускорение свободного падения g . В течение всего времени движения тело находится на наклонной плоскости.

15.33 По наклонной плоскости с углом наклона α_1 к горизонту с высоты H с нулевой начальной скоростью соскальзывает тело. Достигнув точки A , оно поднимается вверх по наклонной плоскости с углом наклона α_2 и останавливается на высоте h . Полагая коэффициенты трения скольжения тела по плоскостям равными α_1 и α_2 соответственно, найдите высоту h подъема тела. Переход с плоскости на плоскость плавный и гладкий.



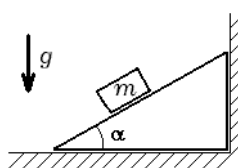
15.34 Чтобы спускать брусок равномерно по наклонной плоскости с углом наклона α к горизонту, следует приложить силу \vec{F}_1 , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы равномерно втаскивать брусок вверх, следует приложить такую же по направлению силу \vec{F}_2 . Найдите коэффициент трения скольжения μ бруска по плоскости.

15.35 По наклонной плоскости длиной $L = 0,5$ м и высотой $H = 0,1$ м с помощью динамометра, расположенного параллельно плоскости, сначала равномерно втащили вверх, а затем равномерно стащили вниз брусок массой $m = 2$ кг. Найдите ΔF - величину разности показаний динамометра. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

15.36 Санки можно удержать на шероховатой ледяной горке минимальной силой $F_1 = 60$ Н, приложенной вдоль поверхности горки, а предоставленные сами себе, они скатываются с ускорением $a = 3$ м/с². Поверхность горки образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Какую силу F_2 , направленную вдоль поверхности горки, следует приложить к санкам, чтобы равномерно втаскивать их на горку? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

15.37 Угол наклона плоскости доски к горизонту $\alpha = 30^\circ$. На доску положили кирпич массой $m = 2$ кг. Коэффициент трения скольжения кирпича по доске $\mu = 0,8$. Найдите величину $F_{тр}$ силы трения, действующей на кирпич. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

15.38 Определите величину F силы, действующей на вертикальную стенку со стороны клина, если на него положили груз массы m . Угол при основании клина α . Коэффициент трения скольжения груза по поверхности клина μ ($\mu < \text{tg } \alpha$). Клин находится на гладкой горизонтальной поверхности. Ускорение свободного падения g .



15.39 Наклонная плоскость составляет угол α с горизонтом, который можно изменять. Тело, соскальзывающее по ней, совершает при $\alpha_1 = 45^\circ$ и $\alpha_2 = 60^\circ$ за одинаковое время одинаковые горизонтальные перемещения. Начиная с какого угла α_3 тело не будет соскальзывать?

15.40 Поезд массой $m = 500$ т шел равномерно по горизонтальному пути. От поезда отцепился последний вагон массой $m_1 = 20$ т. В момент, когда вагон остановился, расстояние между ним и поездом $s = 500$ м. Какой путь s_1 прошел вагон до остановки? Сила сопротивления движению пропорциональна массе и не зависит от скорости. Считайте, что сила тяги одинакова до и после расцепки.

15.41 Тело массы m движется вверх по вертикальной стене под действием силы F , направленной под углом α к вертикали. Найдите ве-

личину a ускорения тела. Коэффициент трения скольжения тела по стене равен μ . Ускорение свободного падения g .

16. Силы вязкого трения

16.1 Два шарика падают в воздухе. Сила сопротивления воздуха пропорциональна площади поперечного сечения шарика и квадрату его скорости движения. Шарика (сплошные) сделаны из одинакового материала, но диаметр одного из шариков вдвое больше, чем у другого. Найдите отношение скоростей шариков при установившемся (равномерном) движении?

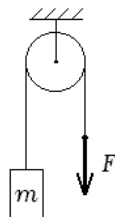
16.2 При скоростном спуске с горы с углом наклона $\alpha_1 = 30^\circ$ лыжник набрал скорость $v_1 = 72$ км/ч. Коэффициент трения скольжения лыж о снег $\mu = 0,1$. Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости лыжника. С какой максимальной скоростью v_2 будет двигаться тот же лыжник по склону с углом наклона $\alpha_2 = 45^\circ$? Считать длину каждого склона достаточно большой.

16.3 Шар массой m и объемом V падает в жидкости плотностью ρ с некоторой постоянной скоростью. Сила сопротивления жидкости движению шара пропорциональна скорости шара. С какой силой F следует тянуть вверх этот шар, чтобы он поднимался в той же жидкости равномерно, причем отношение скорости подъема к скорости спуска было равно k ? Ускорение свободного падения g .

17. Кинематические связи

Блоки.

17.1 К одному концу легкой нерастяжимой веревки, перекинутой через блок, подвешен груз массы $m = 10$ кг. С какой силой F следует тянуть за другой конец веревки, чтобы груз поднимался с ускорением $a = 1$ м/с²? Трение веревки о блок пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



17.2 К концам легкой нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок, прикреплены грузы, массы которых $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг. Определите величины a_1 и a_2 ускорений грузов и величину T силы натяжения нити. Трением нити по блоку пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

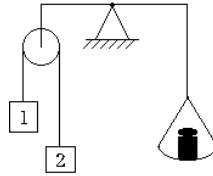
17.3 На концах нити, перекинутой через блок с неподвижной осью, прикреплены два груза массами m_1 и m_2 . Считая блок и нить легкими по сравнению с грузами, трение в оси блока пренебрежимо малым, а длину нити неизменной, определите ускорения \vec{a}_1 и \vec{a}_2 грузов, величину T натяжения нити и силу \vec{F} , с которой блок действует на ось. Ответьте на эти вопросы в случае, если $m_1 = 0,5$ кг, а $m_2 \gg m_1$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

17.4 По гладкому легкому блоку, подвешенному к динамометру, скользит легкий нерастяжимый шнур, к концам которого прикреплены грузы массами $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 8$ кг. Определите величину a ускорения груза массой m_1 и показание F динамометра. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

17.5 На одном конце легкой нерастяжимой нити, свободно скользящей по блоку, подвешено тело массой $m_1 = 0,03$ кг. Другой конец нити соединен с легкой пружиной жесткостью $k = 10$ Н/м, к концу которой прикреплено тело массой $m_2 = 0,05$ кг. Определите величину a_2 ускорения груза на пружине и длину L пружины во время движения грузов. Длина пружины в нерастянутом состоянии $L_0 = 0,1$ м. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

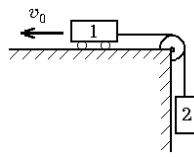
17.6 К концам легкой нерастяжимой нити, перекинутой через гладкий неподвижный блок, прикреплены два тела массой $m = 240$ г каждое. Найдите массу m_0 добавочного груза, который следует положить на одно из тел, чтобы каждое из них прошло из состояния покоя за $\tau = 4$ с путь $s = 160$ см. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

17.7 На легкой, нерастяжимой нити, перекинутой через блок, подвешены грузы 1 и 2 массами m_1 и m_2 . Блок в заторможенном состоянии (грузы 1 и 2 не движутся) уравновешен на рычажных равноплечных весах, как показано на рисунке. На сколько $|\Delta m|$ следует изменить

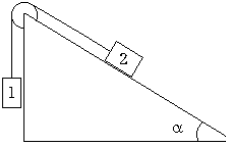


массу гирь на правой чашке, чтобы при освобождении блока и последующем движении грузов равновесие сохранилось?

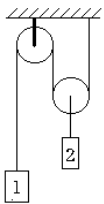
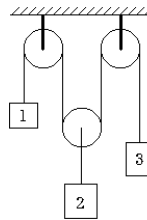
17.8 Тележка массой $m_1 = 0,5$ кг скреплена легкой нерастяжимой нитью с грузом массой $m_2 = 0,2$ кг. В начальный момент тележка двигалась влево со скоростью $v_0 = 7$ м/с. Найдите v_x – проекцию скорости тележки на ось X , сонаправленную с вектором \vec{v}_0 , через $\tau = 5$ с после начала движения. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с². Нить скользит по блоку без трения.



17.9 Легкий блок укреплен на вершине гладкой наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Грузы 1 и 2 равной массы $m_1 = m_2 = 1$ кг соединены нитью, перекинутой через блок. Найдите величины a_1 и a_2 ускорений грузов и силу T натяжения нити. Трение в оси блока мало. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

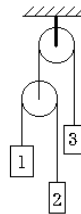


17.10 Определите ускорения грузов 1, 2 и 3, массы которых равны соответственно m_1 , m_2 и m_3 . Найдите величины сил натяжения всех нитей. Массы блоков и нитей по сравнению с массой грузов пренебрежимо малы. Трение в осях блоков считайте незначительным, а нити нерастяжимыми. Ускорение свободного падения g .

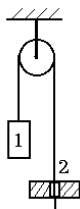


17.11 Найдите ускорения \vec{a}_1 и \vec{a}_2 тел массами m_1 и m_2 и величины T_1 и T_2 сил натяжения нитей. Массы блоков и нитей по сравнению с массой грузов пренебрежимо малы. Трение в осях блоков считайте незначительным, а нити нерастяжимыми. Ускорение свободного падения g .

17.12 На нитях подвешены грузы массами $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 2$ кг и $m_3 = 3$ кг. Массы блоков и нитей по сравнению с массой грузов пренебрежимо малы. Нити по блокам не скользят. Трение в осях блоков считайте незначительным, а нити нерастяжимыми. Будет ли вращаться верхний блок? Почему?

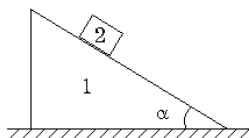


17.13 Через легкий, вращающийся без трения блок перекинут шнурок. На одном конце шнурка привязан груз массой m_1 . По другому концу шнурка может скользить кольцо массой m_2 . 1) С каким ускорением a_2 движется кольцо, если груз 1 неподвижен? Чему равна величина F_1 силы трения, действующей на кольцо 2 со стороны шнурка? 2) Кольцо соскальзывает с постоянным относительно шнурка ускорением a'_2 . Найдите величину a_1 ускорения груза 1 и величину F_2 силы трения, действующей на шнурок со стороны кольца 2. Масса шнурка пренебрежимо мала. Ускорение свободного падения g .

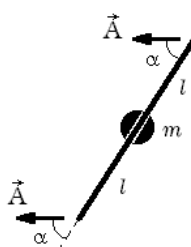


Клин.

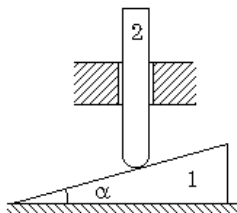
17.14 По клину массой m_1 , находящемуся на гладкой горизонтальной плоскости, скользит тело массой m_2 . Гладкая наклонная плоскость клина составляет с горизонтом угол α . Определите величины ускорений a_1 клина и a_2 тела и величину P_2 веса тела. Ускорение свободного падения g .



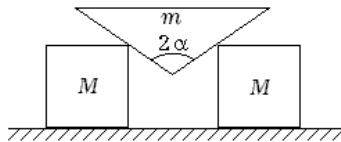
17.15 На стержень длиной $2l$ надета бусинка массой m . Бусинка может перемещаться по стержню без трения. В начальный момент бусинка находилась на середине стержня. Стержень движется поступательно в горизонтальной плоскости с ускорением \vec{A} составляющим угол α со стержнем. Определите величину a' ускорения бусинки относительно стержня, силу реакции N со стороны стержня на бусинку и время τ , через которое бусинка покинет стержень. Ускорение свободного падения g .



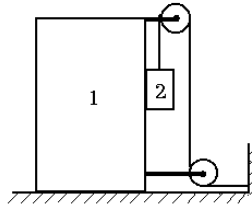
17.16 Клин с углом α и массой m_1 скользит без трения по горизонтальной плоскости. Стержень массой m_2 касается гладкой поверхности клина и движется по вертикали без трения. Определите величины a_1 и a_2 ускорений клина и стержня. Ускорение свободного падения g .



17.17 На гладкой горизонтальной плоскости находятся два одинаковых кубика массой M каждый. Между кубиками вставляют идеально гладкий клин массой m и углом при вершине 2α . Определите величины a_1 и a_2 ускорений кубиков и клина. Ускорение свободного падения g .



17.18 Брусок 1 массой m_1 с укрепленными на нем двумя блоками может двигаться без трения по горизонтальной плоскости. Через блоки переброшена легкая нерастяжимая нить, один конец которой привязан к стене. На другом конце нити прикреплен груз 2 массой m_2 . Коэффициент трения скольжения груза по боковой поверхности бруска равен μ . Найдите величину a_2 ускорения тела 2 в лабораторной системе отсчета. Ускорение свободного падения g .



18. Статика твердого тела.

18.1 Вертикально расположенная пружина соединяет два груза. Масса верхнего груза $m_1 = 2$ кг, нижнего $m_2 = 3$ кг. Когда система подвешена за верхний груз, длина пружины $l_1 = 10$ см, если систему поставить на подставку, длина пружины окажется равной $l_2 = 4$ см. Определите длину l_0 ненапряженной пружины.

18.2 Три легкие пружины с коэффициентами жесткости k_1, k_2, k_3 соединены последовательно. Каков коэффициент жесткости k всей системы?

18.3 Какую наименьшую длину l должна иметь подвешенная за один конец стальная проволока, чтобы она разорвалась под действием силы тяжести? Предел прочности (механическое напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, выдерживаемой образцом при испытании) стали $\sigma = 3,2 \cdot 10^8$ Па, ее плотность $\rho = 7,8 \cdot 10^3$ кг/м³. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

18.4 Между двумя столбами горизонтально натянута легкая проволока, к которой посередине подвешено тело массой m . Определите относительное

удлинение ε проволоки, считая его малым. Площадь поперечного сечения проволоки S и модуль Юнга E материала проволоки известны. Ускорение свободного падения g .

18.5 Тонкая капроновая нить, закрепленная на концах, расположена горизонтально и слегка натянута. Нить рвется, когда к ней посередине подвешивается груз массой большей, чем $m_1 = 2$ кг. Обе половины нити в момент разрыва составляют с горизонтом угол $\alpha = 1^\circ$. Какой наибольшей массы m_2 груз можно подвесить на этой нити, когда она расположена вертикально?

18.6 Клин заколачивают в бревно. Каким должен быть коэффициент трения μ , чтобы клин не выскакивал из бревна? Угол при вершине клина $\alpha = 30^\circ$. Масса клина мала.

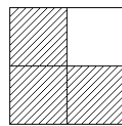
18.7 Какой угол α должно составлять направление силы \vec{F} с горизонтом, чтобы при равномерном перемещении груза по горизонтальной плоскости величина силы \vec{F} была наименьшей? Коэффициент трения скольжения груза по плоскости равен μ .

18.8 Определите положение центра масс легкого треугольника со следующими точечными массами в вершинах: 1) m, m, m ; 2) $m, m, 2m$.

18.9 Десять шариков, массы которых последовательно равны 1, 2, 3, ..., 10 г, укреплены на легком стержне длиной 90 см так, что между центрами каждых двух соседних шариков расстояние равно 10 см. Найдите положение центра масс системы.

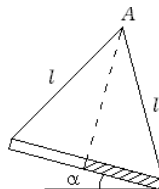
18.10 Стержень составлен из двух однородных кусков, каждый из которых имеет длину $l = 0,6$ м. Масса одного из кусков в два раза больше массы другого. Найдите расстояние x от середины стержня до его центра масс.

18.11 Где находится центр масс однородной квадратной пластинки со стороной a , из которой удалена квадратная четвертая часть?



18.12 Однородная тонкая пластинка радиусом R имеет форму круга, в котором вырезано круглое отверстие вдвое меньшего радиуса, касающееся края пластинки. Где находится центр масс пластинки с отверстием?

18.13 Стержень длиной l составлен из двух однородных кусков одинаковой длины. Масса одного из них в два раза больше массы другого. Стержень подвешен к гвоздю в точке A на двух легких проволоках длины l каждая. Какой угол α с горизонтом образует стержень в положении равновесия?

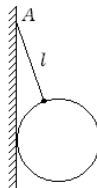


18.14 Тяжелый однородный стержень согнут посередине под прямым углом и подвешен свободно за один из концов. Какой угол α с вертикалью образует верхняя половина стержня?

18.15 Однородное бревно массой $m = 1,2 \cdot 10^2$ кг лежит на земле. Какую минимальную силу F необходимо приложить, чтобы приподнять бревно за один из его концов? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

18.16 Однородный шар массой $m = 3$ кг висит на веревке, прикрепленной к гладкой вертикальной стене. Определите силу T натяжения веревки и силу P давления шара на стену. Нить образует со стеной угол $\alpha = 15^\circ$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

18.17 К гладкой вертикальной стене в точке A на веревке длиной l подвешен однородный шар массой m . Найдите силу T натяжения веревки и силу P давления шара на стену, если радиус шара R . Ускорение свободного падения g .



18.18 Тяжелый однородный шар подвешен на нити, конец которой закреплен на вертикальной стене. Точка прикрепления нити к шару находится на одной вертикали с центром шара. Найдите минимальную величину μ коэффициента трения скольжения шара по стене, при которой шар находится в равновесии.

18.19 При каком минимальном коэффициенте трения скольжения μ однородного куба по горизонтальной плоскости его можно опрокинуть через ребро горизонтальной силой, приложенной к верхней грани? Масса куба равна m . Найдите величину F такой силы. Ускорение свободного падения g .

18.20 Однородное колесо, радиус которого R и масса m , находится перед ступенькой высотой H ($H < R$). Какую наименьшую горизонтальную силу F следует приложить к оси колеса, чтобы оно могло подняться на ступеньку? Ускорение свободного падения g .

18.21 К гладкой вертикальной стене приставлена лестница массой m , составляющая с горизонтом угол α . Центр масс лестницы расположен в ее середине. Найдите построением направление силы реакции, действующей на лестницу со стороны горизонтальной опоры. Как направлены и чему равны силы, действующие на лестницу со стороны стены и горизонтальной опоры, если лестница покоится? Ускорение свободного падения g .

18.22 К гладкой вертикальной стене приставлена лестница длиной $l = 3$ м и массой $m_1 = 20$ кг. Лестница наклонена к стене под углом $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения скольжения лестницы по полу $\mu = 0,5$. На какую высоту h может подняться по этой лестнице человек массой $m_2 = 60$ кг?

18.23 Однородный шар массой $m = 1,73$ кг опирается на две гладкие плоскости, одна из которых наклонена к горизонту под углом $\alpha = 60^\circ$, а другая $\beta = 30^\circ$. Определите силы P_1 и P_2 давления шара на плоскости. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

18.24 На земле лежат вплотную два одинаковых бревна цилиндрической формы. Сверху кладут такое же бревно. При каком коэффициенте трения μ между ними они не раскатятся, если по земле бревна не скользят (то есть коэффициент трения бревен о землю велик)?

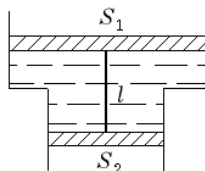
19. Гидро и аэростатика.

19.1 В цилиндрический сосуд налиты ртуть и поверх нее масло. Масса масла в два раза меньше массы ртути. Сосуд заполнен до высоты $H = 30$ см. Определите давление P на дно сосуда, если плотность ртути $\rho_1 = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность масла $\rho_2 = 0,9 \cdot 10^3$ кг/м³. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², атмосферное давление $P_0 = 10^5$ Па.

19.2 С какой силой F действует вода на прямоугольную плотину высотой $h = 75$ м и шириной $l = 120$ м, когда водохранилище заполнено водой на $2/3$? Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², атмосферное давление $P_0 = 10^5$ Па.

19.3 В горизонтальной гладкой трубе круглого сечения площадью S расположен поршень так, что ось трубы перпендикулярна одному основанию поршня и образует угол α с другим. Давление жидкости с обеих сторон поршня одинаково и равно P . Чему равна горизонтальная составляющая F сил давления жидкости на поршень?

19.4 В двух вертикально расположенных гладких цилиндрах, площади сечения которых S_1 и S_2 , находятся два легких поршня, соединенных тонкой легкой проволокой длины l . Пространство между поршнями заполнено водой. Найдите величину T силы натяжения проволоки, если концы цилиндров открыты в атмосферу. Плотность воды ρ . Ускорение свободного падения g .



19.5 Деревянный кубик лежит на дне сосуда. Всплывет ли он, если в сосуд налить воду (вода не проникает под кубик)?

19.6 Камень массой $m = 70$ кг лежит на дне бассейна. Его объем $V = 3 \cdot 10^4$ см³. Какую наименьшую по величине вертикальную силу F необходимо приложить, чтобы оторвать камень от дна? Камень омывается водой. Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

19.7 Прямоугольная коробочка из жести массой $m = 76$ г с площадью дна $S = 38$ см² и высотой $H = 6$ см плавает в воде. Определите высоту h надводной части коробочки. Плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³.

19.8 Плотность морской воды на $\delta\rho = 3\%$ больше плотности речной воды. Чтобы осадка парохода не изменилась при переходе из моря в реку, с него сняли $m = 90$ тонн груза. Определите массу M парохода вместе с оставшимся на нем грузом.

19.9 Стальной кубик плавает в ртути. Поверх ртути наливают воду так, что она только покрывает кубик. Какова высота h слоя воды? Длина ребра кубика $b = 10$ см, плотность стали $\rho_1 = 7,8$ г/см³, плотность ртути $\rho_2 = 13,6$ г/см³, плотность воды $\rho_3 = 1$ г/см³.

19.10 Плавающий в ртути куб погружен в нее на $1/4$ своего объема. Какая часть δ объема куба будет находиться в ртути, если поверх нее налить слой воды, полностью закрывающий куб? Плотность ртути $\rho_1 = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность воды $\rho_2 = 10^3$ кг/м³.

19.11 Плавающее в ртути тело погружено в нее до половины своего объема. Какая часть δ объема тела будет погружена в ртуть, если поверх ртути налить слой воды, полностью закрывающей тело? Плотность ртути $\rho_1 = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность воды $\rho_2 = 10^3$ кг/м³.

19.12 Польный шар, отлитый из чугуна, плавает в воде, погружившись до половины своего объема. Найдите объем V полости в шаре, если мас-

са шара $m = 5$ кг, а плотность чугуна $\rho_1 = 7,8 \cdot 10^3$ кг/м³. Плотность воды $\rho_2 = 10^3$ кг/м³.

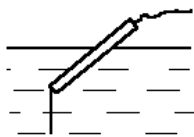
19.13 На равноплечных рычажных весах уравновешен сосуд с водой (плотность $\rho = 10^3$ кг/м³). Как изменится равновесие, если в воду опустить подвешенный на нитке железный брусок объемом $V = 5 \cdot 10^{-5}$ м³, чтобы он не касался дна? Какую массу m и на какую чашку следует положить, чтобы сохранить равновесие?

19.14 К чашке коромысла равноплечных рычажных весов подвешен груз. Груз уравновешивается гирями массой m_1 . Если груз поместить в жидкость плотностью ρ_2 , то он уравновешивается гирями массой m_2 . Определите плотность ρ материала груза. Плотность воздуха ρ_1 .

19.15 Кусок сплава меди и серебра при взвешивании в воздухе на равноплечных рычажных весах уравновешивается массой $m_1 = 289$ г. При опускании куска в воду весы уравновешиваются массой $m_2 = 259$ г. Сколько грамм m_c серебра и m_m меди в сплаве? Плотности меди, серебра и воды равны соответственно $\rho_m = 8,9$ г/см³, $\rho_c = 10,5$ г/см³, $\rho_v = 1$ г/см³.

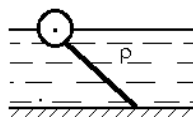
19.16 Взвешивают кусок сплава двух металлов, плотности которых ρ_1 и ρ_2 соответственно. Показания динамометра при взвешивании куска в воздухе P_1 , а в воде - P_2 . Найдите массы m_1 и m_2 каждого из металлов. Плотность воды ρ_0 . Ускорение свободного падения g .

19.17 Определите величину T силы натяжения нижней лески у поплавок, если поплавок погружен в воду на $2/3$ своей длины. Масса поплавок $m = 2$ г. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Поплавок – однородный цилиндр (см. рис.).



19.18 Тонкая однородная палочка шарнирно закреплена за верхний конец. Нижняя часть палочки погружена в воду, причем равновесие достигается тогда, когда палочка расположена наклонно, а в воде находится ее половина. Какова плотность ρ материала, из которого сделана палочка? Плотность воды ρ_0 .

19.19 С какой силой F давит тяжелая однородная тонкая палочка на дно водоема, если жестко связанный с палочкой легкий шарик радиуса r погружен в жидкость до половины своего объема? Плотность воды ρ , длина палочки l . Ускорение свободного падения g .



20. Динамика движения по окружности с постоянной по величине скоростью

20.1 Оцените массу $M_{\text{Солнца}}$. Радиус орбиты Земли $R = 1,5 \cdot 10^8$ км, продолжительность года $T = 3,1 \cdot 10^7$ с, гравитационная постоянная $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

20.2 Радиус орбиты планеты Нептун в $n = 30$ раз больше радиуса орбиты Земли. Вычислите продолжительность $T_{\text{Н}}$ года на Нептуне.

20.3 Каков период T обращения искусственного спутника Земли, удаленного от ее поверхности на расстояние земного радиуса $R = 6400$ км? Ускорение свободного падения у поверхности Земли $g = 10$ м/с².

20.4 Искусственный спутник Земли запущен с экватора и движется по круговой орбите в плоскости экватора в направлении вращения Земли. Радиус орбиты спутника в $n = 3$ раза больше радиуса Земли $R = 6400$ км. Какое время τ отделяет два следующих друг за другом прохождения спутника над точкой старта? Ускорение свободного падения у поверхности Земли $g = 10$ м/с².

20.5 Космонавт массой $m = 100$ кг находится вне космического корабля массой $M = 5 \cdot 10^3$ кг на легком фале длиной $l = 64$ м. Найдите величину T силы натяжения фала, если корабль расположен между космонавтом и Землей на линии, соединяющей их центры масс. Считайте, что корабль движется по круговой орбите, высота которой над поверхностью Земли мала по сравнению с радиусом Земли $R = 6400$ км, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Гравитационным взаимодействием космонавта с кораблем пренебречь.

20.6 Во сколько раз период T_1 обращения спутника, движущегося на высоте $H_1 = 21600$ км от поверхности Земли, больше периода T_2 обращения спутника, движущегося на высоте $H_2 = 600$ км от ее поверхности? Радиус Земли $R = 6400$ км.

20.7 Искусственный спутник запущен в плоскости земного экватора в направлении вращения Земли так, что все время находится над одной и той же точкой экватора. Найдите расстояние H от поверхности Земли до спутника. Масса Земли $M = 6 \cdot 10^{24}$ кг, радиус Земли $R = 6400$ км. Длительность земных суток $T = 24$ ч. Гравитационная постоянная $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

20.8 Две звезды движутся по круговым орбитам вокруг центра масс с постоянными по абсолютной величине скоростями $v_1 = 100$ км/с и $v_2 = 150$ км/с с периодом $T = 300$ земных лет. Найдите массы m_1, m_2 звезд и расстояние l между ними. Гравитационная постоянная $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

20.9 Три звезды, удаленные от других небесных тел, массы m каждая сохраняют в своем движении конфигурацию равностороннего треугольника со стороной L . Найдите период T обращения звезд вокруг центра масс системы. Гравитационная постоянная G .

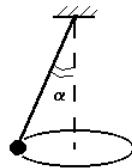
20.10 В одной из моделей молекулярного иона водорода H_2^+ предполагается, что электрон движется по круговой орбите. Протоны лежат на прямой, перпендикулярной к плоскости орбиты. Расстояние между протонами R . Найдите величину v скорости, с которой движется электрон. Протоны считайте покоящимися. Элементарный заряд e , масса электрона m . Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k .

20.11 Определите среднюю плотность ρ планеты, продолжительность суток на которой $T = 6$ часов, если на экваторе пружинные весы показывают на $\eta = 10\%$ вес меньший, чем на полюсе. Гравитационная постоянная $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

20.12 Найдите период T обращения спутника, движущегося вокруг Луны вблизи ее поверхности, если средняя плотность Луны $\rho = 3,3$ г/см³. Гравитационная постоянная $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

20.13 Рассчитайте период T обращения искусственного спутника Марса, движущегося по круговой орбите на высоте $H = 100$ км. Радиус планеты $R = 3,4 \cdot 10^6$ м, средняя плотность $\rho = 4$ г/см³. Гравитационная постоянная $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

20.14 Груз массой $m = 45$ кг подвешен на легком канате длиной $l = 5$ м и движется по горизонтальной окружности, совершая $n = 16$ об/мин. Какой угол α с вертикалью образует канат и какова сила F его натяжения? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



20.15 Груз, подвешенный на нити длиной $l = 60$ см, движется равномерно по окружности в горизонтальной плоскости. Какова скорость v груза, если во время движения нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

20.16 Груз на нити описывает в горизонтальной плоскости окружность радиусом $R = 10$ см. Частота обращения груза $n = 1$ об/с. Какой угол α образует нить с вертикалью? Ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

20.17 Груз вращается на подвесе из легкого резинового шнура вокруг вертикальной оси. Длина шнура в нерастянутом состоянии l , а при вращении шнур упруго растягивается до длины L . Найдите n – частоту обращения груза, если в неподвижном состоянии груз упруго растягивает шнур до длины γl . Ускорение свободного падения g .

20.18 Автомобиль движется по закруглению горизонтальной дороги, радиус кривизны которого $R = 100$ м, со скоростью $v = 72$ км/ч. При каком минимальном коэффициенте трения скольжения μ шин по поверхности дороги это возможно? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

20.19 Автомобиль движется по закруглению шоссе, радиус кривизны которого $R = 200$ м. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности дороги $\mu = 0,1$ (гололед). При какой скорости v автомобиля начнется его занос? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

20.20 Поезд движется по закруглению радиусом $R = 800$ м со скоростью $v = 72$ км/ч. На какую величину Δh внешний рельс должен быть выше внутреннего, чтобы боковое давление на рельсы было равно нулю? Расстояние между рельсами по горизонтали $d = 1,5$ м. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

20.21 Автомобиль массой $m = 3 \cdot 10^3$ кг движется с постоянной скоростью $v = 36$ км/ч: а) по горизонтальному мосту; б) по выпуклому мосту; в) по вогнутому мосту. Радиус кривизны моста в последних случаях $R = 20$ м. С какой силой давит автомобиль на мост в каждом из этих случаев в тот момент, когда автомобиль и центр кривизны моста находятся на одной вертикали? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

20.22 На какую величину ΔP уменьшится вес автомобиля в высшей точке выпуклого моста по сравнению с его весом на горизонтальной дороге, если радиус кривизны моста $R = 100$ м? Масса автомобиля $m = 2 \cdot 10^3$ кг, скорость $v = 72$ км/ч.

20.23 Самолет делает "мертвую петлю" радиусом $R = 100$ м и движется по ней со скоростью $v = 288$ км/ч. С какими по величине силами

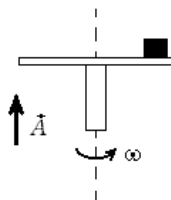
F_1 и F_2 летчик массой $m = 80$ кг давит на сиденье самолета в верхней и нижней точках петли? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

20.24 Самолет делает "мертвую петлю" радиусом $R = 255$ м. Какую наименьшую по величине скорость v должен иметь самолет в верхней точке петли, чтобы летчик не повис на ремнях, которыми он пристегнут к креслу? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

20.25 Металлическая цепочка, концы которой соединены, насажена свободно на диск и приведена во вращение в горизонтальной плоскости посредством центробежной машины. Определите величину T силы натяжения цепочки, если ее масса $m = 150$ г, длина $l = 20$ см и цепочка вращается с частотой $n = 20$ об/с.

20.26 Самолет движется в горизонтальной плоскости по окружности с постоянной скоростью $v = 360$ км/ч. Определите радиус R окружности, если плоскость крыла самолета наклонена к горизонтальной плоскости под углом $\alpha = 10^\circ$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

20.27 В лифте, движущемся вертикально с направленным вверх ускорением \vec{A} , находится вращающийся с угловой скоростью ω горизонтальный столик, на котором лежит маленький грузик. Коэффициент трения скольжения грузика по столу равен μ . Найдите максимальное расстояние R грузика от оси вращения, при котором он еще будет удерживаться на столике. Найдите ускорение \vec{a} грузика относительно Земли. Ускорение свободного падения g .



21. Динамика движения по окружности с переменной по величине скоростью

21.1 Автомобиль движется по выпуклому мосту, имеющему форму дуги окружности радиусом $R = 40$ м. Какова величина a максимального горизонтального ускорения автомобиля в высшей точке моста, если скорость его в этой точке $v = 14$ м/с, а коэффициент трения скольжения шин автомобиля по мосту $\mu = 0,3$? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

21.2 Небольшое тело массой $m = 0,1$ кг подвешено на легкой нити длиной $l = 1$ м и совершает колебания в вертикальной плоскости. В момент, когда нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$, скорость тела $v = 2$ м/с. Найдите в этот момент величину T силы натяжения нити. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

21.3 Груз массой $m = 5$ кг привязан к нити. Груз отклоняют от положения равновесия на угол $\alpha = 30^\circ$ и отпускают. Найдите величину T силы натяжения нити, когда груз проходит через положение равновесия. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

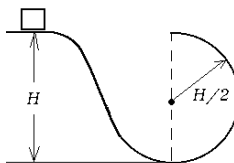
21.4 Небольшое тело скользит с вершины гладкой закрепленной полусферы с нулевой начальной скоростью. На какой высоте H от вершины тело отрывается от поверхности полусферы? Радиус полусферы R .

21.5 Грузик, подвешенный на нити, отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение, и отпускают. Какой угол α с вертикалью образует нить в тот момент, когда вертикальная составляющая скорости грузика наибольшая?

21.6 На нити подвешен шарик. Шарик отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение и отпускают. Какой угол α образует нить с вертикалью в момент, когда ускорение шарика направлено горизонтально?

21.7 Один груз подвешен на нерастяжимой нити длиной l , другой - на жестком легком стержне такой же длины. Какие минимальные скорости v_1 и v_2 следует сообщить этим грузам в нижней точке, чтобы они вращались в вертикальной плоскости? Ускорение свободного падения g .

21.8 Небольшое тело скользит с нулевой начальной скоростью с высоты H по наклонному желобу, переходящему в полуокружность радиусом $H/2$. Пренебрегая трением, найдите скорость v тела в наивысшей точке его траектории (после отрыва от желоба). Ускорение свободного падения g .



21.9 Маленькое тело подвешено в точке A на нити длиной l . В точке O на расстоянии $l/2$ ниже точки A в стену вбит гвоздь. Тело отводят так, что нить занимает горизонтальное положение, и отпускают. В какой точке траектории натяжение нити обращается в ноль? Как дальше будет двигаться тело? До какой наивысшей точки оно поднимется?