

21.3 Работа. Импульс. Энергия.

21.3.1 В покоящийся клин массы M попадает горизонтально летящая пуля массы m (рис. 1) и после абсолютно упругого удара о поверхность клина отскакивает вертикально вверх. На какую высоту поднимется пуля, если скорость клина после удара стала V ? Трением пренебречь.

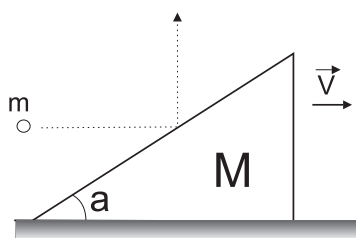


Рис. 1:

21.3.2 Два шарика падают на горизонтальную поверхность вместе с высоты h , причем, масса верхнего шарика много меньше массы нижнего. На какую высоту поднимется легкий шарик после того, как оба отскочат от поверхности. Все удары считать абсолютно упругими. ($h' = 9h$)

21.3.3 Шарик массой 20 г движется со скоростью 5 м/с вдоль оптической оси собирающей линзы, установленной на гладкой горизонтальной поверхности. Масса линзы вместе с подставкой 200 г. Фокусное расстояние линзы 10 см. После абсолютно упругого удара шарик отскакивает от линзы. Сколько времени можно наблюдать мнимое изображение шарика? Силой тяжести шарика пренебречь.

21.3.4 Камень летящий с горизонтальной скоростью $v_0 = 45$ м/с, попадает в лежащий на горизонтальной поверхности льда брусок и отскакивает в обратном направлении со скоростью $\frac{1}{6}v_0$. Масса бруска в 21 раз больше массы камня. Коэффициент трения скольжения между бруском и льдом $\mu = 0,2$. На какое расстояние S переместится брусок к моменту, когда его скорость станет $\frac{1}{30}v_0$?

21.3.5 Брусочки массами m и $3m$ скользят по горизонтальной поверхности доски навстречу друг другу. Скорости брусочков перед ударом противоположны и равны по модулю $v_0 = 3$ м/с у каждого. Брусочки слипаются и движутся затем поступательно. Коэффициент трения скольжения между брусочками и доской $\mu = 0,2$. На какое расстояние S переместятся слипшиеся брусочки к моменту, когда их общая скорость уменьшится на 40%?

21.3.6 Начальная скорость снаряда, выпущенного вертикально вверх, равна 300 м/с. В точке максимального подъема снаряд разорвался на два осколка. Первый осколок массой m_1 упал на Землю вблизи точки выстрела, имея скорость в 2 раза больше начальной скорости снаряда, второй осколок массой m_2 имеет у поверхности Земли скорость 600 м/с. Чему равно отношение масс m_2/m_1 этих осколков? Сопротивлением воздуха пренебречь.

- 21.3.7** Два шарика, массы которых отличаются в 3 раза, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях. Легкий шарик отклоняют на угол 90° и отпускают без начальной скорости. Каким будет отношение импульсов тяжелого и легкого шариков сразу после их абсолютно упругого центрального удара?
- 21.3.8** Два шарика массами $m = 0,1$ кг и $M = 0,2$ кг висят, соприкасаясь на вертикальных нитях одинаковой длины l . Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. В результате абсолютно неупругого удара шариков выделяется количество теплоты $Q = 1$ Дж. Определить длину l нитей.
- 21.3.9** На вертикально расположенный пружинный маятник с высоту $H = 20$ см падает шайба массой $m_1 = 100$ г. Масса платформы маятника $m_2 = 200$ г, длина пружины $L = 11$ см (рис. 2). После соударения платформа с шайбой колеблется как единое целое. Рассчитайте энергию, которая перешла во внутреннюю при этом соударении.
- 21.3.10** После первого удара молотком по гвоздю длиной l , тот входит в доску на глубину l/k , где $k > 1$. Сколько ударов необходимо сделать, чтобы забить гвоздь полностью? Считать, что сила взаимодействия гвоздя с материалом доски пропорциональна глубине погружения гвоздя. ($N = k^2$)
- 21.3.11** Система из грузов m и M и связывающей их легкой нерастяжимой нити в начальный момент покоится в вертикальной плоскости, проходящей через центр закрепленной сферы (рис. 3). В ходе возникшего движения груз m отрывается от поверхности сферы, пройдя по ней дугу 30° . Найдите массу M , если $m = 100$ г. Размеры груза m ничтожно малы по сравнению с радиусом сферы. Трением пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузы.

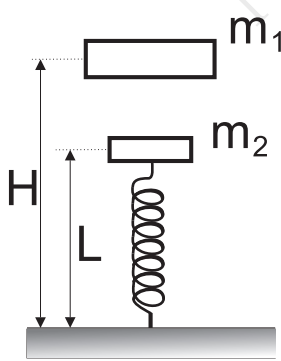


Рис. 2:

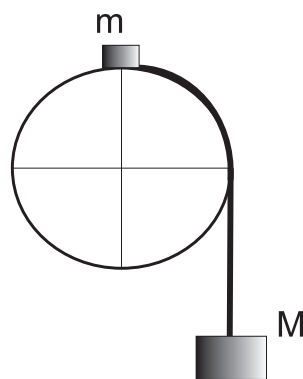


Рис. 3:

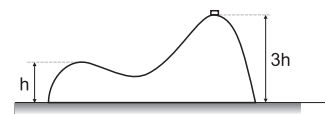


Рис. 4:

- 21.3.12** Горка с двумя вершинами, высоты которых h и $3h$, покоится на гладкой горизонтальной поверхности стола (рис. 4). На правой вершине горки находится шайба, масса которой в 12 раз меньше массы горки. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причем шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Найдите скорость горки в тот момент, когда шайба окажется на левой вершине горки.

21.3.13 В установке (рис. 5) грузик А соединен с перекинутой через блок нитью с бруском В, лежащим на горизонтальной поверхности трибометра, закрепленного на столе. Грузик отводят в сторону, приподнимая его на некоторую высоту h и отпускают. Какую величину должна превзойти эта высота, чтобы брусок сдвинулся с места в тот момент, когда грузик проходит нижнюю точку траектории? Масса грузика m , масса бруска M , длина свисающей части нити L , коэффициент трения между бруском и поверхностью μ . Трением в блоке, а также размерами блока пренебречь.



Рис. 5:

- 21.3.14** Небольшая шайба после толчка приобретает скорость $v = 2\text{ м/с}$ и скользит по внутренней поверхности гладкого закрепленного кольца радиусом $R = 0,14\text{ м}$ (рис. 7). На какой высоте h шайба отрывается от кольца и начинает свободно падать?
- 21.3.15** Снаряд разорвался на несколько осколков, полетевших во все стороны с одинаковыми начальными скоростями. Осколок, полетевший вертикально вниз, достиг земли за время $t_1 = 4\text{ с}$. Осколок полетевший вертикально вверх, достиг земли за время $t_2 = 16\text{ с}$. Сколько времени (в секундах) падали осколки, полетевшие горизонтально? Сопротивление воздуха не учитывать.
- 21.3.16** Снаряд массой 4 кг , летящий со скоростью 400 м/с в полёте разрывается на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая — в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счёт энергии взрыва на величину $\Delta E = 0,5\text{ МДж}$. Найдите модуль скорости осколка, движущегося по направлению движения снаряда.
- 21.3.17** Снаряд в полете разрывается на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая - в противоположенную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счет энергии взрыва на ΔE . Модуль скорости осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равен v_1 , а модуль скорости второго осколка равен v_2 . Найдите массу снаряда.
- 21.3.18** На гладком горизонтальном столе покоится брусок с прикрепленной к нему гладкой изогнутой в вертикальной плоскости тонкой жёсткой трубкой (рис. 6). Общая масса бруска с трубкой равна $M = 0,8\text{ кг}$. В верхний конец вертикальной части трубки, находящийся на высоте $H = 70\text{ см}$ над бруском, опускают без начальной скорости маленький шарик массой $m = 50\text{ г}$. Другой конец трубки наклонён к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$ и находится на высоте $h = 20\text{ см}$ над бруском. Найдите модуль скорости, с которой будет двигаться брусок после того, как шарик вылетит из трубки.

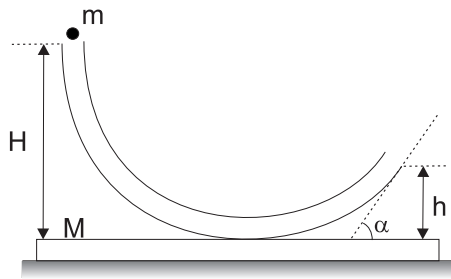


Рис. 6:

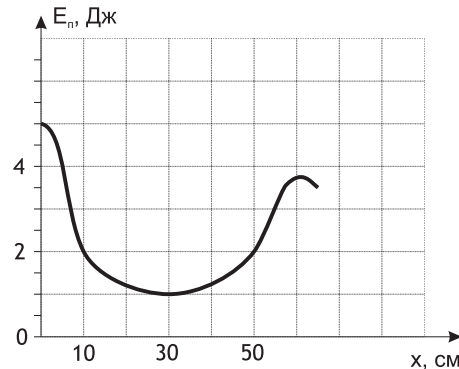


Рис. 7:

21.3.19 После толчка льдинка закатилась в яму с гладкими стенками, в которой она может двигаться практически без трения. На рисунке 7 приведен график зависимости энергии взаимодействия льдинки с Землей от ее координаты в яме. В некоторый момент времени льдинка находилась в точке A с координатой $x = 50$ см и двигалась влево, имея кинетическую энергию, равную 2 Дж. Сможет ли льдинка выскользнуть из ямы? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

21.3.20 Небольшая шайба после удара скользит вверх по наклонной плоскости из точки A (рис. 8). В точке B наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом R . Если в точке A скорость превосходит $v_0 = 4$ м/с, то в точке B шайба отрывается от опоры. Длина наклонной плоскости $AB = L = 1$ м, угол $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и шайбой $\mu = 0,2$. Найдите внешний радиус трубы R .

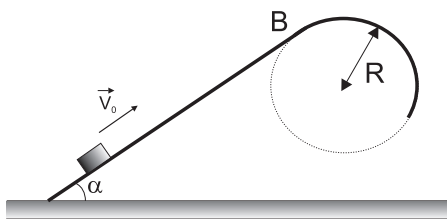


Рис. 8:

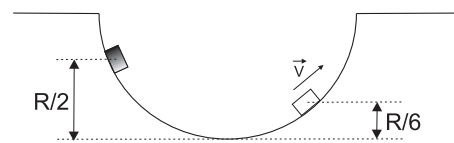


Рис. 9:

21.3.21 Маленькая шайба движется из состояния покоя по неподвижной гладкой сферической поверхности радиусом R . Начальное положение шайбы находится на высоте $R/2$ относительно нижней точки поверхности. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шайбу в момент, когда она движется вправо-вверх, находясь на высоте $R/6$ над нижней точкой поверхности (рис. 9). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шайбы (по радиусу поверхности, по касательной к поверхности, внутрь поверхности, наружу от поверхности). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.

21.3.22 На невесомой пружине жесткостью $k = 400 \text{ Н/м}$ висит составной груз, нижняя часть которого имеет массу m (рис. 10). В некоторый момент времени нижняя часть груза отделяется и начинает падать без начальной скорости, после чего оставшаяся часть груза начинает двигаться вверх и поднимается на максимальную высоту $h = 3 \text{ см}$ относительно первоначального положения. Найдите массу m отделившейся нижней части составного груза?

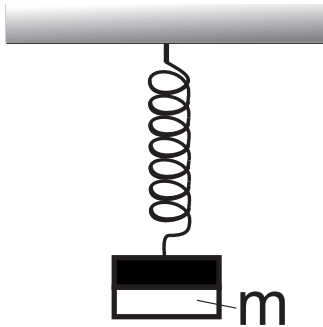


Рис. 10:

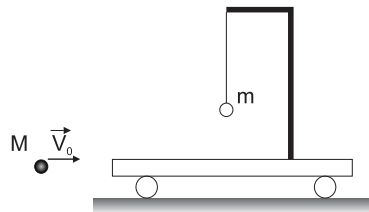


Рис. 11:

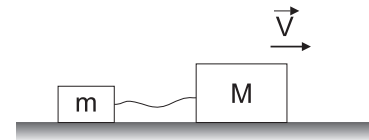


Рис. 12:

21.3.23 На тележке массой $M = 400 \text{ г}$, которая может кататься без трения по горизонтальной плоскости, имеется легкий кронштейн, на котором повешен на нити маленький шарик массой $m = 100 \text{ г}$. На тележку по горизонтали налетает и абсолютно упруго сталкивается с ней шар массой M , летящий со скоростью $v_0 = 2 \text{ м/с}$ (рис. 11). Чему будет равен модуль скорости тележки в тот момент, когда нить, на которой подвешен шарик, отклонится на максимальный угол от вертикали?

21.3.24 В системе, изображенной на рисунке 12, масса левого груза, лежащего на гладкой горизонтальной плоскости, равна $m = 2 \text{ кг}$. Масса правого груза, скользящего по плоскости со скоростью $v = 2 \text{ м/с}$, равна $M = 3 \text{ кг}$. Грузы соединены неупругим невесомым ненапрянутым вначале шнуром, таким, что после его натяжения скорости грузов выравниваются. Какой количество теплоты Q выделится в системе в результате этого выравнивания скоростей грузов?

21.3.25 Маленький шарик массой $m = 0,3 \text{ кг}$ подвешен на легкой нерастяжимой нити длиной $l = 0,8 \text{ м}$, которая разрывается при силе натяжения $T_0 = 6 \text{ Н}$. Шарик отведен от положения равновесия (оно показано на рисунке 13 пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 1,5 \text{ кг}$, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Какова скорость u бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.

21.3.26 На горизонтальной шероховатой плоскости (коэффициент трения равен μ) покоятся два одинаковых груза массой m на расстоянии L друг от друга, один из которых соединен со стенкой легкой нерастянутой горизонтальной пружиной жесткостью k (рис. 14). Левому

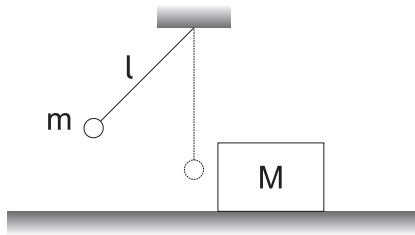


Рис. 13:

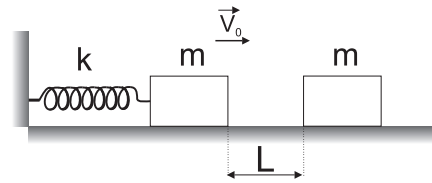


Рис. 14:

грузу сообщили в некоторый момент начальную скорость v_0 в направлении правого, после чего грузы испытали абсолютно упругое лобовое столкновение. На какое расстояние l сместится после столкновения правый груз?

21.3.27 Между шариками массами m_1 и m_2 соответственно зажата пружина, которая стянута нитью (рис. 15). Нить пережигают и пружина разжимается, в результате шарики отклоняются на одинаковый угол α . Найдите отношение длин нитей, если сжатие пружины намного меньше длин нитей.

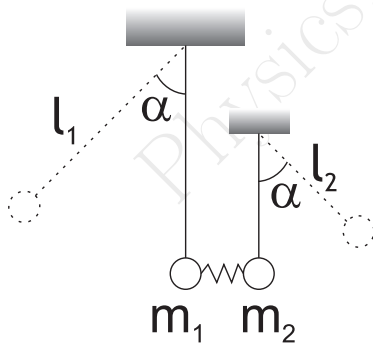


Рис. 15:

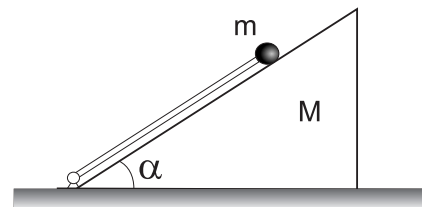


Рис. 16:

21.3.28 На горизонтальной плоскости стоит клин массой M с углом основания $\alpha = 30^\circ$. Вдоль наклонной плоскости клина расположена легкая штанга, нижний конец которой укреплен в шарнире, находящемся на горизонтальной плоскости, а к верхнему концу прикреплен маленький шарик массой m , касающийся клина (рис. 16). Систему освобождают и она начинает движение, во время которого шарик сохраняет контакт с клином. На какой максимальный угол β штанга отклонится от горизонтали после того, как клин отъедет от нее? Трением пренебречь, удар шарика о горизонтальную плоскость считать абсолютно упругим.

21.3.29 На горизонтальном гладком столе лежит длинная доска массой $M = 10$ кг, а на ее левом конце - деревянный брусок массой $m = 1$ кг (рис. 17). В брусок попадает и прилипает к нему

пластилиновый снаряд массой $m_0 = 200$ г, летевший горизонтально по направлению вдоль доски со скоростью $v_0 = 10$ м/с, после чего брусок скользит до остановки по шероховатой доске, не сваливаясь с нее. Какое количество теплоты Q выделится в этой системе в течении всего процесса?

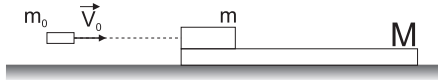


Рис. 17:

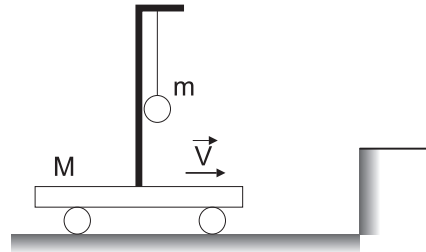


Рис. 18:

21.3.30 На тележке массой $M = 1$ кг, находящейся на горизонтальной плоскости, установлен штатив, на котором подвешен на невесомой нерастяжимой нити груз массой $m = 200$ г, касающийся штатива (рис. 18). Тележке сообщили скорость $v = 1$ м/с вдоль плоскости, и через некоторое время они испытали абсолютно неупругое столкновение с упором на плоскости. Затем груз на нити по инерции от вертикали и потом, возвращаясь в положение равновесия, абсолютно неупруго столкнулся со штативом. Какую скорость v приобрела в результате этого тележка с грузом? Трение отсутствует, нить подвеса в течении всего времени остается в натянутом состоянии.