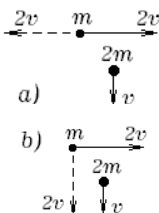


### III. Законы сохранения в механике

#### 22. Импульс

**22.1** Две частицы массами  $m$  и  $2m$  движутся во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями соответственно  $2v$  и  $v$ . На частицы начинает действовать одинаковая сила. Определите величину и направление скорости частицы массой  $2m$  в момент времени, когда скорость частицы массой  $m$  стала такой, как показано пунктиром на рис. а) и б).



**22.2** Две одноименно заряженные частицы одинаковой массы имели первоначально одинаковые по величине и направлению скорости. После того, как на некоторое время было создано однородное электростатическое поле, вектор скорости первой частицы повернулся на  $\alpha_1 = 60^\circ$ , а модуль его уменьшился вдвое. Вектор скорости второй частицы повернулся на  $\alpha_2 = 90^\circ$ . Во сколько раз изменился модуль скорости второй частицы? Взаимодействие частиц пренебрежимо мало.

**22.3** Шарик массой  $m = 10$  г падает на горизонтальную плоскость с высоты  $h_1 = 27$  см. Найдите среднюю силу  $F$  удара в следующих случаях:

- 1) шарик из свинца (абсолютно неупругий удар);
- 2) шарик и плоскость из стали (абсолютно упругий удар);
- 3) шарик пластмассовый и после удара поднимается на высоту

$h_2 = 12$  см.

Рассмотрите неупругий и абсолютно упругий удары шарика о гладкую плоскость, наклоненную под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Считайте во всех случаях, что соударение шарика с плоскостью длится  $\Delta t = 0,03$  с. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**22.4** Падающий вертикально шарик массой  $m = 200$  г перед ударом о горизонтальный пол движется со скоростью  $V = 5$  м/с и после удара подпрыгнул на высоту  $h = 46$  см. Найдите приращение  $\Delta \vec{p}$  импульса шарика в результате удара. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**22.5** Космический корабль с лобовым сечением  $S = 10 \text{ м}^2$  движущийся со скоростью  $V = 10 \text{ км/с}$ , попадает в облако неподвижных микрометеоров. В объеме  $V = 1 \text{ м}^3$  пространства находится  $n = 2$  микрометеора. Масса каждого микрометеора  $m = 2 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$ . На сколько  $\Delta F$  должна возрасти сила тяги, чтобы скорость корабля при прохождении через облако не изменилась? Удар микрометеоров об обшивку корабля неупругий.

**22.6** Футболист бьет по мячу со средней силой  $F = 5 \cdot 10^2 \text{ Н}$ . Мяч после удара улетает под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту и приземляется на расстоянии  $l = 40 \text{ м}$  от футболиста. Масса мяча  $m = 0,5 \text{ кг}$ . Оцените продолжительность  $\Delta t$  удара по мячу. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**22.7** Два мальчика, массы которых  $m_1 = 45 \text{ кг}$  и  $m_2 = 55 \text{ кг}$ , стоят на коньках на льду. Один мальчик отталкивается от другого, действуя на него горизонтальной силой  $F = 50 \text{ Н}$  в течение  $\Delta t = 1 \text{ с}$ . Через какое время  $T$  после прекращения отталкивания расстояние между мальчиками увеличится на  $l = 10 \text{ м}$ ? Трение мало.

**22.8** Мальчик стоит неподвижно на коньках на гладком льду рядом с санками. Масса мальчика  $m_1 = 40 \text{ кг}$ , масса санок  $m_2 = 5 \text{ кг}$ . Мальчик толкает санки и сообщает им скорость  $v_2 = 5 \text{ м/с}$  относительно земли, а сам откатывается в противоположную сторону. Через какое время  $T$  расстояние между мальчиком и санками составит  $l = 25 \text{ м}$ ?

**22.9** Лыжник начал спуск по плоскому склону, наклоненному к горизонту под углом  $\alpha = 30^\circ$ . Найдите величину  $V$  скорости лыжника через  $T = 6 \text{ с}$  после начала движения. Коэффициент трения скольжения лыж по склону  $\mu = 0,1$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**22.10** Тело массой  $M = 990 \text{ г}$  лежит на горизонтальной поверхности. В него попадает пуля массы  $m = 10 \text{ г}$  и застревает в нем. Скорость пули до попадания в тело  $V = 700 \text{ м/с}$  и направлена горизонтально. Через какое время  $T$  движение тела прекратится? Какой путь  $s$  пройдет тело до остановки? Коэффициент трения скольжения тела по поверхности  $\mu = 0,05$ , ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Считайте, что при торможении пули тело практически не перемещается относительно горизонтальной поверхности.

**22.11** Две тележки массами  $m_1$  и  $m_2 = 3m_1$  соединены очень жесткой, короткой пружиной. Пружина сжата и связана ниткой. Нитку пережигают, пружина «распрямляется», и тележки разъезжаются в противоположные стороны по горизонтальной плоскости. Найдите: 1) отношение скоростей тележек  $V_1$  и  $V_2$  до момента освобождения от действия пружины; 2) отношение времен  $t_1$  и  $t_2$ , в течение которых тележки движутся после освобождения от действия пружины; 3) отношение путей  $s_1$  и  $s_2$ , пройденных тележками. Считайте силу трения пропорциональной весу тележек.

**22.12** При формировании железнодорожного состава три сцепленных между собой вагона движутся со скоростью  $V_0 = 0,4$  м/с, сталкиваются с неподвижным вагоном, после чего все четыре вагона продолжают двигаться в том же направлении с одинаковой скоростью  $V$ . Определите эту скорость, если массы всех вагонов одинаковы.

**22.13** На сортировочном узле железнодорожной станции вагон 1, движущийся со скоростью  $V_1 = 1$  м/с, сталкивается и сцепляется с вагоном 2, движущимся в том же направлении со скоростью  $V_2 = 0,5$  м/с. Скорость вагонов сразу после столкновения  $V = 0,8$  м/с. Определите отношение масс  $m_1/m_2$  вагонов 1 и 2.

**22.14** Снаряд массой  $m = 10$  кг в верхней точке траектории двигался со скоростью  $V = 200$  м/с. В этой точке он разорвался на две части. Часть массой  $m_1 = 3$  кг получила скорость  $V_1 = 400$  м/с в прежнем направлении. Найдите величину  $V_2$  скорости второй части.

**22.15** Летящее горизонтально со скоростью  $V$  ядро массой  $m = 10$  кг в результате взрыва разлетается на два осколка, которые летят с одинаковой скоростью  $2V$ , но один в направлении движения ядра, а другой в противоположном направлении. Найдите массы  $m_1$  и  $m_2$  осколков.

**22.16** Ядро, летевшее в горизонтальном направлении со скоростью  $V = 20$  м/с, разорвалось на две осколка. Массы осколков  $m_1 = 10$  кг и  $m_2 = 5$  кг. Скорость второго осколка  $V_2 = 90$  м/с и направлена так же, как и скорость ядра до разрыва. Определите проекцию  $V_{1X}$  скорости первого осколка на ось  $OX$ , положительное направление которой совпадает с направлением вектора  $\vec{V}$ .

**22.17** Скорость снаряда в верхней точке траектории  $V = 200$  м/с. В этой точке на высоте  $H = 125$  м он разорвался на две части, сумма масс которых  $m = 1$  кг. После взрыва часть массой  $m_1 = 0,3$  кг движется в прежнем направлении со скоростью  $V_1 = 400$  м/с. Найдите расстояние  $s$  между точками падения осколков. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**22.18** Снаряд, вылетевший из орудия, разрывается на два одинаковых осколка в верхней точке траектории на расстоянии  $s = 600$  м от орудия (по горизонтали). Один из осколков летит в обратном направлении, возвращаясь к орудью по той же траектории, по которой летел снаряд до разрыва. На каком расстоянии  $l$  от орудия упадет второй осколок?

**22.19** Космический корабль перед отделением последней ступени ракеты-носителя двигался со скоростью  $\vec{V}$ . После отбрасывания последней ступени его скорость стала равной  $1,01 \cdot \vec{V}$ , при этом отделившаяся ступень удаляется относительно корабля со скоростью  $0,04 \cdot V$ . Какова масса  $m$  отделившейся ступени, если масса корабля после отделения ступени равна  $M$ ?

**22.20** На платформе массой  $M$ , которая может двигаться по горизонтальной плоскости без трения, стоят  $n$  человек, каждый массой  $m$ . В каком случае платформе будет сообщена большая скорость: если каждый из них последовательно пробежит по платформе и со скоростью  $V'$  относительно платформы спрыгнет на землю, или в том случае, когда все люди одновременно пробегут по платформе и одновременно, достигнув той же скорости  $V'$  относительно платформы, спрыгнут с нее?

**22.21** Три лодки одинаковой массы  $M$  идут в кильватер (друг за другом) с одинаковой скоростью  $\vec{V}$ . Из средней лодки одновременно в переднюю и заднюю бросают с одинаковыми по величине скоростями  $V'$  относительно лодки грузы массой  $m$ . Найдите скорости  $\vec{V}_1$ ,  $\vec{V}_2$  и  $\vec{V}_3$  лодок после переброски грузов.

**22.22** Две лодки идут параллельными курсами навстречу друг другу с одинаковыми по величине скоростями. Когда лодки встречаются, с одной лодки на другую перебрасывают мешок, а затем со второй лодки на первую перебрасывают такой же мешок. В другой раз мешки переки-

дывают из лодки в лодку одновременно. В каком случае скорость лодок после перебрасывания грузов будет больше?

**22.23** Буер массой  $m_1$  и длиной  $l$  находится на гладкой ледяной поверхности. В безветренную погоду человек массой  $m_2$  переходит с кормы буера на нос. Найдите величину  $s$  перемещения человека относительно льда.

**22.24** Человек массой  $m = 60$  кг переходит с носа на корму лодки. На какое расстояние  $s$  переместится лодка длиной  $l = 3$  м, если ее масса  $M = 120$  кг?

**22.25** Доска массой  $m_1$  и длиной  $l$  плавает на поверхности воды. На одном конце доски сидит лягушка массой  $m_2$ . С какой наименьшей скоростью  $V_2$  должна она прыгнуть, чтобы попасть на другой конец доски?

**22.26** Плот массой  $m_1$  движется со скоростью  $\vec{V}_1$ . На плот с берега прыгает человек массы  $m_2$ . Скорость человека перпендикулярна скорости плота и равна  $\vec{V}_2$ . Определите скорость  $\vec{V}$  плота с человеком.

**22.27** Клин с углом  $\alpha$  при основании и массой  $m_1$  покоится на гладкой горизонтальной плоскости стола. По наклонной поверхности клина начинает ползти вверх с постоянной относительно клина скоростью  $\vec{V}'_2$  жук массой  $m_2$ . Определите величину  $V_1$  скорости клина.

**22.28** На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием  $m_1 = 15$  т. С какой скоростью  $V_1$  покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда  $m_2 = 20$  кг и он вылетает со скоростью  $V_2 = 600$  м/с под углом  $\varphi = 60^\circ$  к горизонту вдоль рельс?

**22.29** Из пушки массой  $M$ , движущейся без трения по горизонтальной плоскости со скоростью  $\vec{V}_0$ , произведен выстрел в сторону движения так, что в системе отсчета, связанной с горизонтальной плоскостью, снаряд вылетел из ствола под углом  $\alpha$  к горизонту. Масса снаряда  $m$ . Найдите величину  $V_1$  скорости снаряда в системе отсчета, связанной с горизонтальной плоскостью, сразу после выстрела, если пушка после выстрела движется со скоростью  $V$  в противоположном (по отношению к  $\vec{V}_0$ ) направлении.

**22.30** На горизонтальной плоскости расположено орудие массой  $M$ , откатывающееся при выстреле назад без трения. Из орудия производят выстрел снарядом массой  $m$ . Снаряд вылетел под углом  $\alpha$  к горизонту. Под каким углом  $\beta$  к горизонту установлен ствол орудия ?

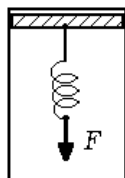
### 23. Работа

**23.1** При вертикальном подъеме груза массой  $m = 2$  кг на высоту  $H = 1$  м приложенной к грузу постоянной силой совершена работа  $A = 19,6$  Дж. Найдите величину  $a$  ускорения груза. Ускорение свободного падения  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

**23.2** Тело свободно падает с нулевой начальной скоростью. Определите отношение  $A_1/A_2$  работ силы тяжести за первую и вторую половины времени падения.

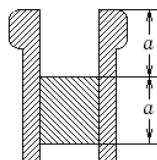
**23.3** К корзине воздушного шара привязана веревочная лестница длины  $l$ , на конце которой стоит человек массы  $m$ . Вся система находится в воздухе в положении равновесия. Определите, какую минимальную работу должен совершить человек, чтобы подняться в корзину. Ускорение свободного падения  $g$ .

**23.4** Поршень массой  $m = 1$  кг и площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup> силой атмосферного давления  $P = 10^5$  Па прижат к верхнему торцу вертикально закрепленного цилиндра. Поршень герметично прилегает к стенкам цилиндра и может скользить по ним без трения. Определите минимальную работу  $A$ , которую следует совершить, чтобы "оторвать" поршень от торца цилиндра, растягивая пружину, прикрепленную к поршню. Жесткость пружины  $k = 0,9$  кН/м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

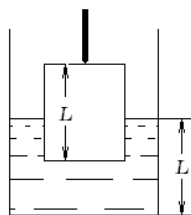


**23.5** Динамометр, рассчитанный на  $F = 40$  Н, имеет пружину жесткостью  $k = 0,5$  кН/м. Какую работу  $A$  следует совершить, чтобы растянуть пружину от середины шкалы до конца шкалы динамометра?

**23.6** Легкая пробка длиной  $a$  находится на расстоянии  $a$  от края горлышка бутылки. Наименьшая сила, вызывающая перемещение пробки равна по величине  $F_0$ . Какую наименьшую работу  $A$  следует совершить, чтобы вытащить пробку из горлышка?



**23.7** В цилиндрическом стакане с водой плавает брусок высоты  $L$  и сечения  $S$ . При помощи тонкой спицы брусок медленно перемещают на дно стакана. Какая работа  $A$  при этом была совершена силой давления спицы на брусок? Площадь поперечного сечения стакана  $2S$ , начальная высота воды в стакане  $L$ , плотность материала бруска  $\rho = 0,5 \rho_0$ , где  $\rho_0$  - плотность воды. Ускорение свободного падения  $g$ .



**23.8** Какова минимальная работа  $A$  горизонтальной силы, приложенной к санкам для перетаскивания их волоком с асфальта на лед? Длина полозьев санок  $l$ , масса  $m$ , коэффициент трения скольжения санок по асфальту равен  $\mu$ . Считайте, что в начале передняя часть санок находится на границе асфальт - лед. Ускорение свободного падения  $g$ .

**23.9** Найдите минимальную работу  $A$  по подъему цепи с горизонтальной плоскости в вертикальное положение, в котором нижний конец цепи поднят на  $H = 2$  м над горизонтальной плоскостью. Длина цепи  $l = 2$  м, масса  $m = 5$  кг. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**23.10** На шероховатой горизонтальной поверхности лежит однородная доска длиной  $l$  и массой  $m$ . Коэффициент трения скольжения доски по поверхности  $\mu$ . Какую минимальную работу  $A$  следует совершить, чтобы повернуть доску на  $\alpha = 2 \cdot \pi$  вокруг вертикальной оси, проходящей через середину доски? Поворот совершается горизонтальными силами. Ускорение свободного падения  $g$ .

## 24. Мощность

**24.1** Трамвай массой  $m = 10^4$  кг на горизонтальном прямолинейном участке длиной  $s = 21$  м, двигаясь равноускоренно, увеличил скорость с  $v_1 = 4$  м/с до  $v_2 = 7$  м/с. Пренебрегая сопротивлением движению, найдите максимальное значение  $N$  мощности, развиваемой двигателями трамвая на этом участке.

**24.2** Толкатель ядра сообщает ядру массой  $m = 7,3$  кг такое постоянное ускорение, что скорость ядра за  $T = 0,2$  с становится равной  $V = 15$  м/с. Найдите среднюю мощность  $N$ , которую развивает спортсмен при толкании ядра.

**24.3** Человек тянет сани массой  $m = 40$  кг по горизонтальной дороге с помощью веревки, образующей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом. Скорость саней  $v = 3$  м/с постоянна по величине и направлению. Коэффициент трения скольжения полозьев по дороге  $\mu = 0,1$ . Какую мощность  $N$  развивает человек? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**24.4** Найдите среднюю мощность  $N$  силы давления пороховых газов при горизонтальном выстреле из гладкоствольного ружья, если известно, что пуля массой  $m$  вылетает из ствола со скоростью  $V_0$ , а длина канала ствола  $l$ . Давление пороховых газов считайте постоянным в течение времени движения пули в канале ствола.

## 25. Потенциальная энергия

**25.1** Высота над Землей воздушного шара, удерживаемого веревкой, увеличилась на  $h$ . Как изменилась потенциальная энергия системы шар - воздух - Земля?

**25.2** Пружина под действием силы  $F = 100$  Н удлинилась на  $\Delta l_1 = 2$  см. Какова потенциальная энергия  $W$  пружины при растяжении на  $\Delta l_2 = 10$  см?

**25.3** К нижнему концу пружины, подвешенной вертикально, присоединена другая пружина, к концу которой прикреплен груз. Коэффициенты жесткости пружин равны соответственно  $k_1$  и  $k_2$ . Пренебрегая массой пружин по сравнению с массой груза, найдите отношение потенциальных энергий пружин.

## 26. Теорема об изменении кинетической энергии

**26.1** Небольшое тело движется равномерно по окружности радиусом  $R = 0,5$  м. Кинетическая энергия тела  $K = 10$  Дж. Найдите величину  $F$  силы, действующей на тело и мощность  $N$  этой силы.

**26.2** В каком случае двигатель автомобиля должен совершить большую полезную работу: для разгона с места до скорости 27 км/ч или на увеличение скорости от 27 км/ч до 54 км/ч?



**26.3** Работа, совершенная спортсменом при толкании ядра под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту, равна  $A = 216$  Дж. Через сколько времени  $T$  и на каком расстоянии  $L$  от места бросания ядро упадет на землю? Масса ядра  $m = 2$  кг. Высотой точки старта и работой силы тяжести в процессе разгона пренебречь. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**26.4** Камень массы  $m = 5$  кг падает с нулевой начальной скоростью с некоторой высоты. Найдите кинетическую энергию  $K$  камня в середине пути, если продолжительность падения  $T = 2$  с. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**26.5** Какую работу  $A$  совершает человек, бросающий камень массой  $m = 1$  кг горизонтально с крыши дома высотой  $H = 10$  м, если камень падает на расстоянии  $s = 30$  м от дома? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**26.6** С какой скоростью  $V$  двигались аэросани, если после выключения двигателя они прошли до остановки путь  $s = 250$  м? Коэффициент трения скольжения  $\mu = 0,02$ , ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**26.7** Шофер выключил двигатель и резко затормозил при скорости автомобиля  $v_0 = 20$  м/с. Найдите расстояние  $l$ , которое пройдет автомобиль до остановки (тормозной путь). Дорога горизонтальная, коэффициент трения скольжения  $\mu = 0,5$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**26.8** Автомобиль, масса которого  $m = 2160$  кг, движется из состояния покоя с ускорением, которое в течение  $T = 30$  с остается постоянным. За это время он проходит путь  $s = 300$  м. Найдите величину  $F$  равнодействующей сил, приложенных к автомобилю.

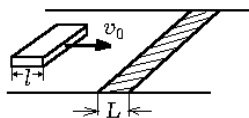
**26.9** Пуля массой  $m = 10$  г, летящая со скоростью  $v_1 = 800$  м/с, пробивает закрепленную деревянную вертикальную мишень толщиной  $d = 5$  см и вылетает с противоположной стороны со скоростью  $v_2 = 100$  м/с. Определите среднюю силу  $F$  сопротивления при движении пули в теле мишени.

**26.10** Пуля, летящая горизонтально со скоростью  $V$ , пробивает ряд вертикальных одинаковых досок. В какой по счету доске пуля застрянет, если ее скорость после прохождения первой доски  $0,8 V$ ? Силу сопротивления считайте постоянной.

**26.11** Деревянная мишень толщиной  $d$  удаляется от стрелка со скоростью  $V$ . После выстрела пуля массой  $m$  летит со скоростью  $v_1$ , пробивает мишень и летит дальше со скоростью  $v_2$ . Найдите силу сопротивления  $F$  при движении пули в мишени. Силу сопротивления считайте постоянной. Скорость мишени постоянна.

**26.12** С высоты  $H = 5$  м бросают вертикально вниз камень массой  $m = 0,2$  кг с начальной скоростью  $v_0 = 2$  м/с. Он углубляется в грунт на  $s = 5$  см. Найдите величину  $F$  силы сопротивления грунта считая ее постоянной. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**26.13** Однородный брусок, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, попадает на шероховатый участок поверхности ширины  $L$ , коэффициент трения скольжения на котором  $\mu$ . При какой величине  $v_0$  начальной скорости брусок преодолет этот участок? Ускорение свободного падения  $g$ . Рассмотрите случаи:  $l \geq L$ ,  $l < L$ .



**26.14** Найдите мощность  $N$  водопада, если высота падения воды  $H = 18$  м, средний расход воды  $V = 75$  м<sup>3</sup>/с. Плотность воды  $\rho = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**26.15** Найдите полезную мощность  $N$  турбины, создающей воздушный поток кругового поперечного сечения диаметром  $d = 18$  м. Скорость потока  $V = 12$  м/с. Плотность воздуха  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>.

## 27. Сохранение и изменение механической энергии

**27.1** Прыгун берет высоту  $H = 2,32$  м. Какова величина  $V$  вертикальной составляющей скорости в момент отрыва прыгуна от земли, если в этот момент его центр масс находится на высоте  $h = 90$  см? В момент перелета через планку центр масс прыгуна находится непосредственно над планкой. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**27.2** Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $v_0 = 49$  м/с. На какой высоте  $h$  его кинетическая энергия будет равна потенциальной? Ускорение свободного падения  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>. Потенциальную энергию в точке старта примите равной нулю.

**27.3** Камень брошен вверх под углом  $\alpha = 60^\circ$  к плоскости горизонта. Кинетическая энергия камня в начальный момент  $K_0 = 20$  Дж. Определите кинетическую  $K$  и потенциальную  $\Pi$  энергии камня в высшей точке его траектории. Потенциальную энергию в точке старта считайте равной нулю.

**27.4** Брусок скользит с нулевой начальной скоростью по гладкой наклонной плоскости длиной  $l = 2$  м. Угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ . Найдите скорость  $v$  бруска в нижней точке плоскости. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**27.5** С вершины гладкой наклонной плоскости высотой  $H = 20$  см соскальзывает брусок. Определите скорость  $v$  бруска в конце плоскости. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Начальная скорость равна нулю.

**27.6** Шайба с нулевой начальной скоростью скользит с высоты  $H$  по гладкой наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha$  с горизонтом. В конце наклонной плоскости она встречает гладкую горизонтальную плоскость. Найдите максимальную высоту  $h$  подъема шайбы после абсолютно упругого удара о горизонтальную плоскость.

**27.7** На легкой нити длиной  $l$  подвешен шарик. На расстоянии  $h$  по вертикали ( $h < l$ ), под точкой подвеса нити расположена гладкая горизонтальная плита. Шарик отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение и отпускают. На какую высоту  $H$  поднимется шарик после абсолютно упругого удара о плиту?

**27.8** Санки массой  $m = 10$  кг скатились с горы высотой  $H = 5$  м и остановились у ее подножья. Какую минимальную работу  $A$  совершит мальчик, втаскивая санки на гору по линии скатывания? Мальчик прикладывает силу вдоль направления перемещения. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**27.9** Для того, чтобы медленно затащить от подножья на гору санки массой  $m = 5$  кг, прикладывая силу вдоль плоской поверхности горы, необходимо совершить работу  $A = 300$  Дж. Высота горы  $H = 4,5$  м. Какой скорости  $v$  достигнут санки у основания горы, съезжая с нее по линии втаскивания с нулевой начальной скоростью? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**27.10** Санки массой  $m = 7$  кг съезжают с горы высотой  $H = 5$  м с нулевой начальной скоростью и достигают у основания горы скорости  $V = 6$  м/с. Какую работу  $A$  необходимо совершить, чтобы медленно втащить санки на гору по линии скатывания, прикладывая силу вдоль плоской поверхности горы? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**27.11** Нить длиной  $L = 1$  м имеет прочность на разрыв  $T_{max} = 26$  Н и жесткость  $k = 2,5 \cdot 10^3$  Н/м. Один конец нити закреплен над полом на высоте большей  $L$ , а к другому прикреплен груз массой  $m = 0,05$  кг. Груз подняли до точки подвеса и отпустили. Оборвется ли нить? Ответ подкрепите соответствующими вычислениями. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**27.12** Груз, висящий на легкой пружине жесткостью  $k = 400$  Н/м, растягивает ее на  $\Delta L = 0,03$  м. Какую работу  $A$  следует совершить, чтобы, прикладывая к грузу вертикальную силу, медленно утроить удлинение пружины?

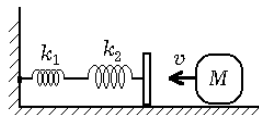
**27.13** Груз, висящий на легкой пружине жесткостью  $k = 400$  Н/м, растягивает ее на  $\Delta L$ . Прикладывая к грузу вертикальную силу, медленно увеличивают удлинение пружины в  $n = 3$  раза. При этом внешняя сила совершает работу  $A = 0,32$  Дж. Найдите начальное удлинение  $\Delta L$  пружины.

**27.14** К бруску массой  $m = 1$  кг, находящемуся на шероховатой горизонтальной поверхности, прикреплена легкая пружина жесткостью  $k = 20$  Н/м. Пружину медленно растягивают в горизонтальном направлении. Определите работу  $A$  внешней силы, совершенную к моменту начала движения бруска. Коэффициент трения скольжения бруска по поверхности  $\mu = 0,2$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Первоначально пружина не деформирована.

**27.15** Брусок массой  $m = 2$  кг, находящийся на шероховатой горизонтальной плоскости, сдвигают с места, медленно растягивая в горизонтальном направлении прикрепленную к бруску легкую пружину. Брусок приходит в движение в тот момент, когда удлинение пружины  $\Delta x = 0,03$  м. Найдите жесткость  $k$  пружины и работу  $A$ , которую при этом совершает внешняя сила. Коэффициент трения скольжения бруска по поверхности  $\mu = 0,3$ , ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. В начальный момент пружина не деформирована.

**27.16** Брусок массой  $m = 0,5$  кг, находящийся на шероховатой горизонтальной плоскости, сдвигают с места, медленно растягивая в горизонтальном направлении прикрепленную к бруску легкую пружину. Брусок приходит в движение в тот момент, когда удлинение пружины  $\Delta x = 0,05$  м. Жесткость пружины  $k = 10$  Н/м. Определите коэффициент трения скольжения  $\mu$  бруска по плоскости и работу  $A$ , совершенную внешней силой к моменту начала движения бруска. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Первоначально пружина не деформирована.

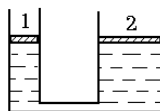
**27.17** Тело массы  $M$  налетает на две последовательно соединенные легкие пружины, коэффициенты жесткости которых  $k_1$  и  $k_2$ . Максимальная энергия деформации пружины 2 оказалась равной  $\Pi_2$ . Определите начальную скорость  $V$  тела. Трением пренебречь.



**27.18** От груза, висящего на пружине жесткостью  $k$ , отрывается с нулевой начальной скоростью часть массой  $m$ . На какую максимальную высоту  $H$  поднимется после этого оставшаяся часть груза? Ускорение свободного падения  $g$ .

**27.19** Груз массой  $m = 1$  кг, подвешенный на пружине жесткостью  $k = 200$  Н/м, находится на подставке. Пружина при этом не деформирована. Подставку быстро убирают. Определите максимальную скорость  $V$  груза. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**27.20** Два сообщающихся сосуда заполнены водой и закрыты легкими поршнями, площади которых  $S_1 = 100$  см<sup>2</sup> и  $S_2 = 200$  см<sup>2</sup>. Система находится в равновесии. В этом положении на больший поршень помещают гирю массой  $m = 1$  кг. Сколько тепла  $|Q|$  выделится в системе при переходе в новое положение равновесия? Плотность воды  $\rho = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



## 28. Совместное применение законов сохранения импульса и энергии

**28.1** На гладкой горизонтальной плоскости расположены два бруска массами  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг, между которыми находится легкая сжатая пружина. Упругая энергия пружины  $\Pi = 3$  Дж. Пружине дали

возможность "распрямиться". Найдите скорости  $V_1$  и  $V_2$  брусков после перехода пружины в недеформированное состояние.

**28.2** Пружина жесткостью  $k$  зажата между двумя телами, связанными нитью и находящимися на гладкой горизонтальной поверхности. После того, как нить пережгли, тела до момента перехода пружины в недеформированное состояние прошли расстояния  $s_1$  и  $s_2$ . Найдите в этот момент кинетические энергии  $K_1$  и  $K_2$  каждого из тел.

**28.3** Два куска пластилина одинаковой массы летят навстречу друг другу со скоростями  $V_1 = 1$  м/с и  $V_2 = 2$  м/с. При столкновении они слипаются и выделяется  $Q = 0,18$  Дж тепла. Найдите массу  $m$  каждого куска.

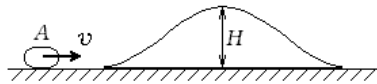
**28.4** На тележку массой  $m_1$ , движущуюся горизонтально без трения со скоростью  $V$ , опускают сверху кирпич массой  $m_2$ . Через некоторое время тележка и кирпич движутся с одинаковой скоростью. Определите количество  $Q$  выделившегося тепла.

**28.5** Два одинаковых небольших бруска находятся на горизонтальной поверхности на расстоянии  $l = 2$  м друг от друга. Первому бруску сообщили скорость  $V = 6$  м/с в направлении второго и бруски столкнулись. На каком расстоянии  $s$  от исходного положения первого бруска они остановятся? Удар неупругий, коэффициенты трения скольжения обоих брусков по плоскости равны  $\mu = 0,1$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

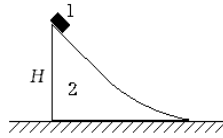
**28.6** На горизонтальной плоскости вдоль одной прямой на расстоянии  $l = 4$  м друг от друга расположено большое количество одинаковых брусков. Крайнему бруску сообщают скорость  $V = 10$  м/с в направлении соседнего бруска. Сколько  $n$  брусков испытает соударения? Удары абсолютно упругие. Коэффициент трения скольжения каждого бруска по плоскости  $\mu = 0,1$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**28.7** На расстоянии  $l$  от края стола лежит небольшой брусок. Коэффициент трения скольжения бруска по столу  $\mu$ . На брусок со скоростью  $v$  ( $v > \sqrt{2\mu g l}$ ) налетает точно такой же брусок и толкает его к краю стола. Найдите горизонтальное перемещение  $s$  бруска за время свободного падения. Высота стола  $H$ . Ускорение свободного падения  $g$ . Соударение брусков абсолютно упругое.

**28.8** На пути тела  $A$ , скользящего по горизонтальному столу, находится незакрепленная “горка” высотой  $H = 6$  см. Профиль “горки” изображен на рисунке. При какой минимальной скорости  $V$  тело преодолет “горку”? Масса “горки” в пять раз больше массы тела. Считайте, что тело движется, не отрываясь от “горки”. Тело по “горке”, а также “горка” по столу скользят без трения. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

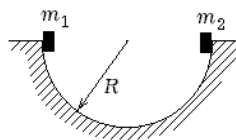


**28.9** С клина, стоящего на горизонтальной плоскости, соскальзывает тело массы  $m_1$ . Угол наклона клина плавно меняется от некоторого максимального значения до нуля. При переходе на горизонтальную плоскость скорость тела относительно земли  $V_1$ . Определите высоту  $H$ , с которой соскальзывает тело, если известно, что масса клина  $m_2$ . Тело по клину и клин по горизонтальной плоскости скользят без трения. Считайте, что тело начинает движение по клину из состояния покоя. Ускорение свободного падения  $g$ .



**28.10** Два шарика подвешены на параллельных нитях одинаковой длины так, что они соприкасаются. Масса первого шарика  $m_1 = 0,2$  кг, масса второго  $m_2 = 0,1$  кг. Первый шарик отклоняют так, что он поднимается на высоту  $h = 4,5$  см и отпускают. На какие максимальные высоты  $h_1$  и  $h_2$  поднимутся шарики после соударения, если: 1) удар абсолютно упругий, 2) удар абсолютно неупругий?

**28.11** Два небольших тела одновременно начинают соскальзывать по гладкой поверхности полусферы радиуса  $R$ . Происходит абсолютно неупругий удар. Найдите угловую амплитуду  $\alpha$  колебаний тел, если отношение их масс  $m_1/m_2 = 2$ .



**28.12** На гладкий шар массой  $m_2$ , лежащий на гладкой горизонтальной поверхности, налетает другой гладкий шар массой  $m_1$  такого же радиуса, движущийся горизонтально. Между шарами происходит упругий центральный удар. Постройте график зависимости отношения переданной энергии  $K_2$  к энергии  $K_0$  налетающего шара от отношения масс  $x = m_1/m_2$  шаров.

**28.13** Шайба, движущаяся по горизонтальной плоскости, сталкивается абсолютно упруго с неподвижной шайбой вдвое большей массы. Величина скорости шайбы перед соударением  $v_0$ . Коэффициенты трения скольжения обеих шайб по плоскости одинаковы и равны  $\mu$ . Удар центральный. Найдите расстояние  $s$  между шайбами после остановки. Ускорение свободного падения  $g$ .

**28.14** Пуля, летящая горизонтально со скоростью  $v = 400$  м/с, попадает в шар, подвешенный на прочной нити длиной  $l = 4$  м, и застревает в нем. Определите максимальный угол  $\alpha$ , на который отклонится нить, если масса пули  $m = 20$  г, масса шара  $M = 5$  кг. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**28.15** Маятник представляет собой легкий тонкий стержень длиной  $l = 1,6$  м, на конце которого находится стальной шар массой  $M = 1$  кг. В шар попадает летящий горизонтально со скоростью  $v = 50$  м/с стальной шарик массой  $m = 20$  г. Определите угол  $\alpha$  максимального отклонения маятника, считая удар абсолютно упругим и центральным. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**28.16** Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на легком стержне, и застревает в нем. Масса пули  $m_1 = 5$  г, масса шара  $m_2 = 0,5$  кг. Скорость пули  $v_1 = 500$  м/с. При какой наибольшей длине  $l$  стержня шар поднимется до верхней точки окружности? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**28.17** Снаряд массой  $m_1$  попадает в стоящую на рельсах вагонетку с песком. Найдите наименьшую скорость  $v_1$  снаряда, при которой он может вылететь через противоположную стенку вагонетки, если средняя сила трения его о песок  $F$ , масса вагонетки с песком  $m_2$ . Выстрел произведен в горизонтальном направлении вдоль рельсов, длина вагонетки  $l$ . Трение вагонетки по рельсам мало, стенки вагонетки настолько тонкие, что не оказывают сопротивления движению снаряда.

**28.18** Гладкий неупругий шарик из свинца налетает на такой же шарик, первоначально покоившийся. После столкновения второй шарик летит под углом  $\alpha$  к направлению скорости первого шарика до столкновения, а проекции скоростей шариков на направление линии их



центров одинаковы. Определите угол  $\beta$ , под которым разлетаются шарики после столкновения. Какая часть  $\delta K$  кинетической энергии налетающего шарика перейдет при столкновении в тепло?

**28.19** При распаде неподвижного ядра образуются три осколка массами  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$ . Сумма кинетических энергий осколков равна  $K$ . Найдите величины  $v_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) скоростей осколков, если направления скоростей составляют друг с другом углы  $120^\circ$ .

**28.20** Шар 1 испытал абсолютно упругое столкновение с покоившимся шаром 2. Найдите отношение  $m_1/m_2$  масс шаров, если: а) столкновение центральное и шары разлетелись в противоположных направлениях с одинаковыми по величине скоростями; б) шары разлетелись симметрично по отношению к первоначальному направлению движения шара 1 и угол между их направлениями разлета  $\alpha = 60^\circ$ .

**28.21** В покоящуюся на льду шайбу массой  $m_1 = 100$  г упруго ударяется другая шайба массой  $m_2 = 50$  г. После удара она отлетает перпендикулярно к первоначальному направлению движения. Под каким углом  $\alpha$  к этому направлению будет двигаться после удара шайба, вначале покоившаяся?